



## Suplementación dietética de inulina o flavomicina y tipo de corte de carne de conejo: cambios del perfil de ácidos grasos y características sensoriales



María Eugenia Juárez-Silva <sup>a\*</sup>

Mario Cuchillo-Hilario <sup>a</sup>

Enrique Villarreal-Delgado <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). Departamento de Nutrición Animal Fernando Pérez-Gil Romo, Ciudad de México, México.

\*Autor de correspondencia: [eugenia.juarezs@incmnsz.mx](mailto:eugenia.juarezs@incmnsz.mx)

### Resumen:

La demanda de animales criados con un uso mínimo de antibióticos está aumentando. Por otra parte, aún no se tiene claridad sobre el uso de prebióticos y antibióticos y el tipo de corte de carne para modificar el perfil de ácidos grasos y sus efectos en las preferencias de los consumidores. El presente estudio investigó el perfil de ácidos grasos, la salud y los índices de riesgo de ácidos grasos, así como la evaluación sensorial por los consumidores de carne de conejos alimentados con inulina y flavomicina como aditivos. Se distribuyeron al azar cuarenta y ocho (48) conejos de Nueva Zelanda en 4 tratamientos de 12 animales cada uno. El grupo testigo no recibió suplementación con antibióticos ni inulina. Al segundo grupo se le suministró como suplemento inulina (2.5 g de inulina/kg de alimento), y al tercer grupo se le suministró flavomicina (0.1 g de flavomicina/kg de alimento). El cuarto grupo recibió tanto inulina como flavomicina. La adición de inulina a la dieta de los conejos incrementa los ácidos grasos benéficos (ALC,  $P= 0.0001$ ; y n3-PUFA,  $P= 0.0001$ ) y permite un mejor índice de promoción de la salud ( $P= 0.0004$ ) a la vez que reduce los índices aterogénico ( $P= 0.001$ ) y trombogénico ( $P= 0.042$ ) de la carne. El tipo de corte de carne (lomo, patas delanteras y patas traseras) tuvo un impacto menor en cuanto a modificación del perfil de ácidos grasos. Por el contrario, la adición de inulina o flavomicina mostró modificaciones mayores a este respecto que el tipo de corte de carne. La flavomicina redujo las propiedades hedónicas de la carne (sabor,  $P= 0.0001$ ; color,  $P= 0.01$ , y aroma  $P= 0.0001$ ). El lomo tendió a ser el corte de carne preferido ( $P=$

0.01). La inulina es una buena alternativa para evitar la utilización de antibióticos en el alimento de los conejos.

**Palabras clave:** Ácidos grasos, Promotor del crecimiento, Prebiótico, ALC, Aroma, Carne de conejo.

Recibido: 04/12/2017

Aceptado: 16/05/2018

## Introducción

En años recientes ha aumentado el interés en la composición de lípidos de la carne y en el impacto de los ácidos grasos en la salud humana. La carne de conejo es altamente valorada por sus propiedades nutritivas debido al elevado contenido de proteína con excelente valor biológico<sup>(1,2)</sup> y al bajo contenido de grasa con cantidades pequeñas de colesterol<sup>(2)</sup>. Hay un interés considerable en incrementar los niveles de ácidos grasos poli-insaturados (PUFA), especialmente ácidos grasos n-3, en los productos animales para mejorar las propiedades funcionales de los alimentos y a la vez promover la salud de los seres humanos<sup>(3,4)</sup>.

La dieta es una manera fundamental de modificar el perfil de ácidos grasos de la carne de conejo<sup>(5)</sup>. La adición de sustancias funcionales a la dieta del animal puede generar una respuesta favorable en la calidad de la carne al incrementar el contenido de ácidos grasos poli-insaturados n-3<sup>(6)</sup>. El consumo de ácidos grasos n-3 puede contribuir a equilibrar la proporción n-6/n-3, que podría tener impacto en la prevención de las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión, la diabetes, la artritis y la osteoporosis, entre otras enfermedades<sup>(2,4)</sup>. Es más, la estrecha relación entre la dieta y la salud ha modificado los hábitos de los consumidores, con una creciente demanda de productos que no sólo satisfagan las necesidades nutricionales sino que también sean opciones de alimentos saludables<sup>(7)</sup>. La investigación alimentaria ligada a la salud humana ha incluido el perfil de colesterol y de ácidos grasos para representar los alimentos ya sea como promotores de la salud o como amenazas para ésta<sup>(8-11)</sup>. La carne de conejo es una buena fuente de ácidos grasos n-6 y una fuente limitada de ácidos grasos n-3 así como del ácido graso eicosapentaenoico (EPA) y del ácido graso de docosahexaenoico (DHA)<sup>(12)</sup>. Debido a este bajo contenido de ácidos grasos n-3, la proporción n-6/n-3 en la carne de conejo tiene valores elevados que oscilan entre 7 y 11<sup>(12,13)</sup>. Por lo tanto, es sumamente deseable disminuir la proporción n-6/n-3 en la carne de conejo.

La flavomicina es un antibiótico utilizado frecuentemente en la cría de cerdos, aves de corral y ganado bovino<sup>(14,15)</sup>. Sin embargo, el uso de antibióticos como promotores del crecimiento en la producción de animales ha sido asociado con resistencia a las bacterias en los seres humanos. La Unión Europea prohibió el uso de antibióticos como aditivos en 2006. Estas circunstancias han estimulado el estudio de productos alternativos, tales como la inulina, una fibra prebiótica compuesta de una cadena de unidades de fructosa con una terminal de glucosa<sup>(16)</sup>. Muchos estudios han demostrado que la suplementación con fructooligosacáridos tiene efectos ventajosos en los seres humanos y en los animales. La suplementación promueve la maduración del tracto gastrointestinal de los conejos lactantes, es decir, que el pH gástrico alcanza gradualmente niveles más bajos cuando se suplementa a los conejos con prebióticos. Un pH más bajo (de alrededor de 2.0) promueve la actividad enzimática (de amilasa y proteasas) a diferencia de los niveles más elevados de pH gástrico (de alrededor de 4.0). Además, los efectos complementarios de la suplementación incluyen una mejor respuesta inmune y un mayor crecimiento (en número) y permanencia de la microbiota benéfica, que incluye a las bifidobacterias y a los lactobacilos<sup>(17)</sup>, en los intestinos, y a la vez, una reducción del riesgo de infecciones por patógenos<sup>(18)</sup>. La adición de inulina a la alimentación de los conejos y de las aves de corral reduce el depósito total de grasa en el cuerpo, reduce la grasa abdominal y modifica el colesterol, y disminuye los valores de los triglicéridos, y las concentraciones de lipoproteínas<sup>(19)</sup>. Por lo tanto, la carne de conejos suplementados con inulina puede ser una buena alternativa para el consumo humano, ya que la inulina ajusta el metabolismo de la microbiota, induce la síntesis de compuestos favorables e incrementa eficazmente los nutrientes deseables para mantener un estado de bienestar en los seres humanos. Por el contrario, el uso de flavomicina en economías emergentes como la de México no está prohibido, si bien los consumidores de estas regiones del mundo prefieren cada vez más los productos libres de antibióticos.

La evaluación sensorial y la preferencia de los consumidores pueden modificarse añadiendo a las dietas de los animales ingredientes que modifican las propiedades hedónicas de los productos animales. Asimismo, los diferentes cortes de carne pueden influir en las preferencias de los consumidores, debido a las variaciones en las propiedades físicas y específicamente sensoriales de los músculos de los animales. Así, las preferencias de los consumidores pueden modificar los mercados de acuerdo con demandas específicas. Por lo tanto, se probó el uso de inulina y de flavomicina y la combinación de ambas, a fin de investigar los beneficios potenciales sobre los aspectos nutricionales y las preferencias de los consumidores del uso de agentes no antibióticos en comparación con los antibióticos. Si bien la flavomicina tiene un impacto en la profilaxis de las enfermedades, el presente estudio no se enfocó en esos efectos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación dietética con inulina o flavomicina, así como el tipo de corte de carne (lomo, patas delanteras y patas traseras) sobre el perfil de ácidos grasos largos y sobre las características sensoriales y la preferencia de los consumidores de carne de conejo.

## Material y métodos

### Preparación del experimento

Se distribuyeron al azar cuarenta y ocho (48) conejos Nueva Zelanda (24 hembras y 24 machos) de 40 días de edad ( $790 \pm 150$  g) en cuatro tratamientos de 12 animales cada uno. Los conejos se obtuvieron de la “Granja Veracruz”, una granja experimental de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). El estudio duró 57 días; los primeros 15 días del ensayo se utilizaron para adaptar a los animales al manejo, a las jaulas y a las dietas experimentales. Los ingredientes y la composición de las dietas para cada tratamiento se muestran en el Cuadro 1. Las dietas cubrieron las necesidades nutricionales indicadas para la especie. Se preparó cada tratamiento mezclando los ingredientes individuales. El grupo testigo (GT) no recibió suplementación con antibiótico (Flaveco40 de ECO Animal Health) ni con inulina (IPS Raftifeed, Megafarma-Orafti). El segundo grupo (I+) recibió suplementación con 2.5 g de inulina/kg de alimento. Al tercer grupo (F+) se le administró un suplemento de 0.1 g de flavomicina/kg de alimento. El cuarto grupo (IF) recibió las dosis de inulina y flavomicina indicadas (2.5 g de inulina/kg y 0.1 g de flavomicina/kg de alimento). Se alojó individualmente a los conejos en jaulas de acero inoxidable, y se les proporcionó alimento y agua a voluntad durante todo el periodo de investigación. Los protocolos de alojamiento, manejo y muestreo de los animales fueron aprobados por la Comisión de Investigación en Animales (CINVA) del INCMNSZ bajo el número de registro NAN-059-09-10-1. Se sacrificó a los conejos de acuerdo con las directrices de la Norma Oficial Mexicana de métodos para dar muerte a los animales domésticos y salvajes (NOM-033-SAG/ZOO-2014).

**Cuadro 1:** Ingredientes y composición química de la dieta (g/kg)

Ingredientes	Testigo	Inulina (I)	Flavomicina (F)	IF
Maíz	116	116	116	116
Salvado de trigo	251	251	251	251
Harina de soya	129	129	129	129
Aceite de soya	31	31	31	31
Alfalfa	438	438	438	438
Fosfato de calcio	10	10	10	10
Premezcla de vitaminas y minerales	a	a	a	a
Antioxidante BHT <sup>b</sup>	0.01	0.01	0.01	0.01
Fungicida sorbato de potasio	0.01	0.01	0.01	0.01
Inulina	0	2.5	0	2.5
Flaveco 40 <sup>c</sup>	0.0	0.0	0.1	0.1
Coccidioestatos	0.5	0.5	0.5	0.5
Binder	20	20	20	20
Cloruro de sodio	5	5	5	5
<b>Composición química</b>				
Proteína bruta, g/kg	169	169	168	171
FDN, g/kg	525	530	517	514
FDA, g/kg	225	202	193	250
Extracto etéreo, g/kg	39	30	29	42
Energía bruta, MJ/kg	10.8	13.5	11.7	12.8

<sup>a</sup>Contenido de mezcla de vitaminas y minerales en gramos por kilogramo: vit A 32 000 UI, vit D<sub>3</sub> 4000 UI, vit E 100 g, vit K<sub>3</sub> 4g, vit B<sub>1</sub> 8.0 g, vit B<sub>2</sub> 8.0 g, vit B<sub>6</sub> 8.0 g, vit B<sub>12</sub> 40 g, Biotina 200 mg, ácido pantoténico 40 g, Hierro 4 g, Cobre 6 g, Cobalto 1 g, Zinc 60 g, Manganeso 43 g, Yodo 32 mg y Selenio 8 mg. (BASF, México).

<sup>b</sup>BHT, hidroxitolueno butilado;

<sup>c</sup>Flaveco 40 contiene 40 g de flavofosfolipol por kilo.

<sup>d</sup>33 ppm del coccidioestato hidrocloreto de robenidina (Alpharma AS).

<sup>e</sup>Celulosa de carboximetilo.

## Recolección y preparación de muestras

Los conejos se sacrificaron por dislocación cervical, según la recomendación de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 (NOM, 2001). Los cadáveres calientes se colocaron en un área ventilada durante 1 h antes de seccionarlos para obtener los tres cortes de carne (lomo, patas delanteras y patas traseras) de cada conejo de cada uno de los cuatro tratamientos, según los lineamientos de Blasco y Ouhayoun<sup>(20)</sup>. Los cortes de carne se empacaron individualmente en bolsas de plástico herméticamente selladas y se almacenaron a -18 °C hasta ser evaluados. Para la evaluación de los ácidos grasos, la unidad experimental fue el corte de carne (lomo, patas delanteras y patas traseras) de seis animales sometidos a los tratamientos. El resto de los cortes de carne de los animales de

cada tratamiento (seis conejos) se utilizaron para fines de evaluación sensorial. La unidad experimental fue el conjunto de cortes iguales de carne de dos animales, a fin de obtener suficiente material para 10 panelistas.

### **Análisis químico de las dietas**

La proteína bruta se midió por medio del análisis de nitrógeno de Kjeldahl AOAC, código 976.05<sup>(21)</sup>. Los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA) fueron determinados según el método de Ankom, siguiendo el protocolo del fabricante, utilizando bolsas filtro modelo F-57 (Ankom Technology, NY, EUA). El extracto etéreo fue extraído con éter dietílico anhidro utilizando un aparato Soxhlet AOAC 920.15 y 963.39<sup>(21)</sup>. Se calculó la energía para cada dieta en un calorímetro Parr modelo 1241 (Parr Instrument Company, IL, EUA), siguiendo el protocolo del fabricante<sup>(22)</sup>.

### **Extracción de ácidos grasos y determinación de los ácidos grasos metil ésteres (FAME) y del ácido linoléico conjugado (ALC)**

Los ácidos grasos se extrajeron de la carne utilizando una mezcla de cloroformo-metanol (2:1)<sup>(23)</sup> y un cálculo gravimétrico según el método oficial 696.33, AOAC<sup>(21)</sup>. Los ácidos grasos metil ésteres (FAME) fueron cuantificados mediante la cromatografía-GC (Varian, Inc., Palo Alto, CA, EUA) utilizando un cromatógrafo CP-3380 equipado con un inyector dividido, FID, y un automuestreador CP 8400, en una columna DB 23 (30 mx0.25 mm de diámetro interno; Varian, Inc., Palo Alto, CA, EUA) con una película de 0.25 µm de espesor. Se utilizó el nitrógeno como gas de transporte con un flujo de 30 ml/min a 200 °C y, finalmente, a 5 °C/min a 230 °C. Las temperaturas del inyector y del FID fueron de 250 °C y 300 °C, respectivamente. El volumen de inyección fue 1 µl. Se integró cada ácido graso con un cromatógrafo de gases Varian con el programa Star Chromatography Workstation, versión 4.51. Se identificaron los picos con base en los tiempos de retención de los ésteres metílicos estándar de cada ácido graso individual (mezcla de AGME C4-C24 no. 18919-1 AMP; Sigma-Aldrich Inc., St. Louis, MO, EUA). El ácido linoleico conjugado (ALC) en particular fue identificado utilizando un estándar de éster metílico de ALC con una mezcla de ácidos cis- y trans-9,11-octadecadienoicos, y -10,12-octadecadienoicos (No. de Catálogo O5632, Sigma-Aldrich Co., EUA). Se añadió ácido

miristoleico (ácido 9-tetradecenoico C:14; No. de Catálogo M3525, Sigma-Aldrich Co., EUA) a las muestras de grasa de carne metilada previamente al análisis del GT utilizando una norma interna. Solamente evaluamos los ácidos grasos de cadena larga debido a su elevada relevancia para la salud humana, mientras que el presente estudio no tomó en cuenta los ácidos grasos volátiles. Los resultados se reportaron como el porcentaje de ácidos grasos de cadena larga (g/100 g).

### Salud e índices de riesgo (IA, IT e IPS)

Los índices aterogénico (IA) y trombogénico (IT) se calcularon según Ulbricht and Southgate<sup>(9)</sup>, utilizando las siguientes fórmulas:  $IA = C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0 / n-6 \text{ PUFA} + n-3 \text{ PUFA} + \text{MUFA}$ .  $IT = C14:0 + C16:0 + C18:0 / (0.5 \text{ MUFA}) + (0.5 n-6 \text{ PUFA}) + (3 n-3 \text{ PUFA}) + (n-3 \text{ PUFA} / n-6 \text{ PUFA})$ . El índice de promoción de la salud (IPS) se calculó según la recomendación de Chen *et al*<sup>(10)</sup>:  $IPS = n-6 \text{ PUFA} + n-3 \text{ PUFA} + \text{MUFA} / C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0$ .

### Evaluación sensorial por un panel de consumidores

Doce horas antes del día de la evaluación sensorial se descongelaron los cortes de carne a una temperatura de refrigeración (4 °C). Posteriormente estos fueron troceados (en dados de 2 x 1 x 1 cm) y agrupados dentro de cada tratamiento. Los cortes de carne de los cuatro tratamientos se cocieron utilizando agua (1:1 w/v) a una temperatura interna de 71 °C, utilizando ollas convencionales con tapas (de 25 cm de diámetro y 4 L de volumen) durante 60 min. Las cuatro ollas se calentaron simultáneamente (a 100 °C) en una estufa de gas (IEM). No se agregó ningún aditivo durante el proceso de cocción. Las muestras cocidas (2 cm<sup>3</sup>/12 g y pH 5) se ofrecieron en platos desechables de plástico blancos. La evaluación se realizó en el laboratorio de evaluación sensorial del INCMNSZ. Se utilizó una luz blanca suave en las salas de evaluación individuales<sup>(24)</sup>. Un total de 30 panelistas sin capacitación (15 hombres y 15 mujeres) generaron 1,080 resultados (30 panelistas x 4 tratamientos x 3 tipos de corte de carne x 3 características sensoriales de la carne). Se realizó una evaluación a doble ciego. Para calificar la preferencia en cuanto a sabor, color y aroma, se utilizó una escala del 1 al 4 (4= me gusta mucho; 3= me gusta; 2= no me gusta; 1= me disgusta). Se ofreció agua simple y una rebanada de pan blanco para limpiar y eliminar los residuos entre una muestra y otra.

## Análisis estadístico

Los datos fueron procesados mediante un ANOVA utilizando el procedimiento GLM<sup>(25)</sup>.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + AA_i + PM_j + AA_i \times PM_j + e_{ij};$$

Donde:

$Y$  es la variable meta;

$\mu$  es la media;

$AA_i$  = Agente aditivo  $i$  [Inulina (I+), Flavomicina (F+) e Inulina más Flavomicina (IF)];

$PM_j$  = Pedazo de carne  $j$  (lomo, patas delanteras y patas traseras);

$e$  = error experimental.

Las diferencias se establecieron con la prueba de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ).

## Resultados

El Cuadro 1 muestra la composición química de las diferentes dietas. No se observaron diferencias entre las dietas de ninguna de las variables analizadas. El contenido total de proteínas de las cuatro dietas fue en promedio  $169 \pm 1$  g/kg, mientras que los de FDN y FDA fueron  $522 \pm 7$  y  $218 \pm 26$  g/kg, respectivamente. El contenido de éter extraído no difirió significativamente entre los tratamientos. Asimismo, la inulina no modificó la energía bruta de las dietas en las que se añadió este ingrediente (I+ e IF).

La concentración de ácidos grasos en la carne del conejo se vio influido mediante la adición de inulina o flavomicina, así como el tipo de corte de carne (Cuadro 2). Sin embargo, a este respecto el tratamiento alimentario demostró tener más impacto en la concentración de ácidos grasos que el tipo de corte de carne, y hubo pocas interacciones entre estos dos factores principales. Por ejemplo, no se observó ningún efecto significativo en el contenido de ácido mirístico (C14:0) debido al tipo de corte de carne; sin embargo, los tratamientos I+ e IF tuvieron valores menores de este ácido graso, debido al efecto de la dieta ( $P=0.0001$ ). El ácido palmítico (C16:0) fue numéricamente superior en el GT; es más, sólo fue diferente del de las patas delanteras cuando se suplementó la alimentación de los conejos con F+ e IF ( $P=0.004$ ). No se detectaron diferencias en ácido heptadecanoico (C17:1) entre los tratamientos alimentarios ni entre los cortes de carne, con excepción del lomo (F+) y las patas delanteras (IF) con un efecto del tipo de corte de carne ( $P= 0.04$ ). El ácido esteárico (C18:0) se incrementó cuando se suplementó la alimentación de los conejos con F+, y se observaron los mismos resultados cuando se combinó la flavomicina con la inulina. La flavomicina (F+) incrementó el contenido de

ácido esteárico (C18:0) en los tres tipos de cortes de carne (lomo, patas delanteras y patas traseras); sin embargo, las patas traseras en los tratamientos F+ e IF demostraron tener el máximo valor, mientras que el más bajo fue para el GT. La concentración de ácido oleico (C18:1) se vio muy influida por el tratamiento alimentario, el tipo de corte de la carne y la interacción entre ambos ( $P=0.02$ ;  $P=0.01$ ,  $P=0.001$ ). La concentración de ácido  $\alpha$ -linolenico (C18:3) fue más alta cuando se complementó la alimentación de los conejos con I+; en cambio, el tratamiento IF reportó el valor más bajo de este ácido graso. El contenido de ácido eicosanoico (C20:0) en las patas delanteras de conejos alimentados con F+ fue mayor que en el resto de los tipos de cortes de carne de todos los tratamientos ( $P=0.007$ ). El contenido de ácido araquidónico (C20:4 n-6) fue once veces (3.4 %) mayor en las patas traseras del grupo IF que en las patas delanteras del GT (0.3 %). Este resultado se vio afectado por los dos factores principales y sus interacciones ( $P=0.001$ ;  $P=0.0001$ ;  $P=0.0003$ ).

**Cuadro 2:** Porcentaje de ácidos grasos de cadena larga (g/100 g) en la carne de conejo cocida influido por la adición de inulina y flavomicina y por el tipo de corte de carne (n=6)

	Testigo			Inulina (I)			Flavomicina (F)			IF			Valor de P			
	Lomo	Patas delanteras	Patas traseras	Lomo	Patas delanteras	Patas traseras	Lomo	Patas delanteras	Patas traseras	Lomo	Patas delanteras	Patas traseras	EEM	Dieta	Corte de carne	Dieta x Corte de carne
C 12:0	0.07	0.08	0.14	0.11	0.17	0.09	0.12	0.1	0.23	0.16	0.13	0.08	0.01	0.47	0.74	0.11
C14:0	1.53 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	1.34 <sup>ab</sup>	1.2 <sup>ab</sup>	0.8 <sup>b</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.3 <sup>ab</sup>	1.2 <sup>ab</sup>	0.04	<0.0001	0.27	0.08
C 16:0	21.35 <sup>a</sup>	20.5 <sup>a</sup>	21.7 <sup>a</sup>	20.23 <sup>ab</sup>	20.2 <sup>abc</sup>	20.2 <sup>abc</sup>	19.2 <sup>abc</sup>	17.2 <sup>bc</sup>	19.2 <sup>abc</sup>	19.5 <sup>abc</sup>	17.08 <sup>c</sup>	19.5 <sup>abc</sup>	0.2	<0.0001	0.004	0.49
C 16:1 n-9	1.98	1.5	1.7	1.42	1.9	2.03	1.4	1.3	1.5	1.2	1.3	1.4	0.07	0.001	0.43	0.14
C 17:1	0.54 <sup>ab</sup>	0.5 <sup>ab</sup>	0.6 <sup>ab</sup>	0.62 <sup>ab</sup>	0.5 <sup>ab</sup>	0.6 <sup>ab</sup>	0.5 <sup>b</sup>	0.7 <sup>ab</sup>	0.6 <sup>ab</sup>	0.6 <sup>ab</sup>	0.8 <sup>a</sup>	0.6 <sup>ab</sup>	0.02	0.10	0.04	0.27
C 18:0	6.72 <sup>cd</sup>	6.8 <sup>bcd</sup>	6.5 <sup>d</sup>	6.9 <sup>bcd</sup>	7.07 <sup>abcd</sup>	7.6 <sup>abcd</sup>	8.12 <sup>ab</sup>	8.1 <sup>ab</sup>	8.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>abcd</sup>	7.9 <sup>abc</sup>	8.3 <sup>a</sup>	0.11	<0.0001	0.16	0.50
C:18.1 n-9	33.62 <sup>ab</sup>	35.2 <sup>a</sup>	36.3 <sup>a</sup>	37.4 <sup>a</sup>	36.5 <sup>a</sup>	34.3 <sup>ab</sup>	34.3 <sup>ab</sup>	35.9 <sup>a</sup>	33.6 <sup>ab</sup>	36.8 <sup>a</sup>	33.5 <sup>ab</sup>	30.3 <sup>b</sup>	0.41	0.02	0.01	0.001
C18:2 n-6	19.65 <sup>c</sup>	20.8 <sup>abc</sup>	20.9 <sup>abc</sup>	20.7 <sup>abc</sup>	20.3 <sup>bc</sup>	20.9 <sup>abc</sup>	21.33 <sup>abc</sup>	23.02 <sup>a</sup>	22.7 <sup>ab</sup>	21.2 <sup>abc</sup>	20.3 <sup>abc</sup>	20.5 <sup>abc</sup>	0.23	0.0003	0.37	0.25
C 18:3 n-6	0.03	0.02	0.07	0.11	0.03	0.05	0.006	0.1	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.27	0.98	0.03
C18:3 n-3	3.45 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	4.03 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>a</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	3.4 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>	2.5 <sup>c</sup>	0.06	<0.0001	0.07	0.0003
C 20:0	0.51 <sup>b</sup>	0.6 <sup>b</sup>	0.6 <sup>b</sup>	0.72 <sup>b</sup>	0.7 <sup>b</sup>	0.5 <sup>b</sup>	0.5 <sup>b</sup>	1.2 <sup>a</sup>	0.7 <sup>b</sup>	0.6 <sup>b</sup>	0.7 <sup>b</sup>	0.6 <sup>b</sup>	0.03	0.09	0.007	0.0005
C 20:4 n-6	1.93 <sup>abc</sup>	0.3 <sup>d</sup>	1.3 <sup>cd</sup>	0.83 <sup>cd</sup>	1.1 <sup>cd</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	1.4 <sup>bcd</sup>	0.5 <sup>cd</sup>	1.4 <sup>bcd</sup>	1.2 <sup>cd</sup>	1.8 <sup>abcd</sup>	3.4 <sup>a</sup>	0.13	0.001	<0.0001	0.0003
C 20:5 n-3	0.14 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>abc</sup>	0.07 <sup>abc</sup>	0.12 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>abc</sup>	0.12 <sup>abc</sup>	ND	0.06 <sup>bc</sup>	ND	0.2 <sup>a</sup>	0.2 <sup>a</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	0.01	<0.0001	0.36	0.24
C 22:6 n-3	0.07 <sup>ab</sup>	0.04 <sup>ab</sup>	0.03 <sup>ab</sup>	0.04 <sup>ab</sup>	0.05 <sup>ab</sup>	0.07 <sup>ab</sup>	ND	0.02 <sup>ab</sup>	ND	0.05 <sup>ab</sup>	0.1 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.01	0.0001	0.46	0.20
AGS	30.18	29.7	30.6	29.34	29.2	29.2	29.3	28.1	29.9	29.07	27.04	29.7	0.33	0.12	0.06	0.77
MUFA	36.14 <sup>ab</sup>	37.3 <sup>a</sup>	38.5 <sup>a</sup>	39.4 <sup>a</sup>	39.03 <sup>a</sup>	36.9 <sup>ab</sup>	36.12 <sup>ab</sup>	37.9 <sup>a</sup>	35.7 <sup>ab</sup>	38.7 <sup>a</sup>	35.5 <sup>ab</sup>	32.3 <sup>b</sup>	0.42	0.008	0.03	0.004
PUFA	25.36	24.9	26.4	25.5	25.7	27.8	26.2	27.2	27.5	26.01	25.8	26.7	0.34	0.18	0.04	0.90
n-3 PUFA	3.7 <sup>abc</sup>	3.7 <sup>abc</sup>	4.14 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>abc</sup>	4.3 <sup>a</sup>	3.9 <sup>abc</sup>	3.5 <sup>bcd</sup>	3.6 <sup>abc</sup>	3.4 <sup>cd</sup>	3.7 <sup>abc</sup>	3.6 <sup>abc</sup>	2.7 <sup>d</sup>	0.06	<0.0001	0.055	0.0005
n-6/ n-3	5.9 <sup>bcd</sup>	5.8 <sup>cd</sup>	5.4 <sup>cd</sup>	5.5 <sup>cd</sup>	4.9 <sup>d</sup>	6.14 <sup>bcd</sup>	6.6 <sup>bc</sup>	6.5 <sup>bc</sup>	7.2 <sup>b</sup>	6.2 <sup>bcd</sup>	6.3 <sup>bcd</sup>	8.9 <sup>a</sup>	0.12	<0.0001	<0.0001	<0.0001
AGS/ PUFA	1.21	1.2	1.2	1.2	1.1	1.05	1.121	1.03	1.09	1.12	1.073	1.11	0.02	0.03	0.40	0.80
n-6 PUFA	21.6	21.2	22.2	21.6	21.4	23.9	22.7	23.6	24.2	22.4	22.2	23.9	0.31	0.03	0.008	0.84
ALC	5.3 <sup>abc</sup>	3.9 <sup>abc</sup>	4.09 <sup>abc</sup>	8.3 <sup>a</sup>	6.04 <sup>abc</sup>	7.8 <sup>ab</sup>	2.6 <sup>c</sup>	1.9 <sup>c</sup>	3.1 <sup>c</sup>	2.9 <sup>c</sup>	4.05 <sup>abc</sup>	3.9 <sup>bc</sup>	0.37	<0.0001	0.40	0.60

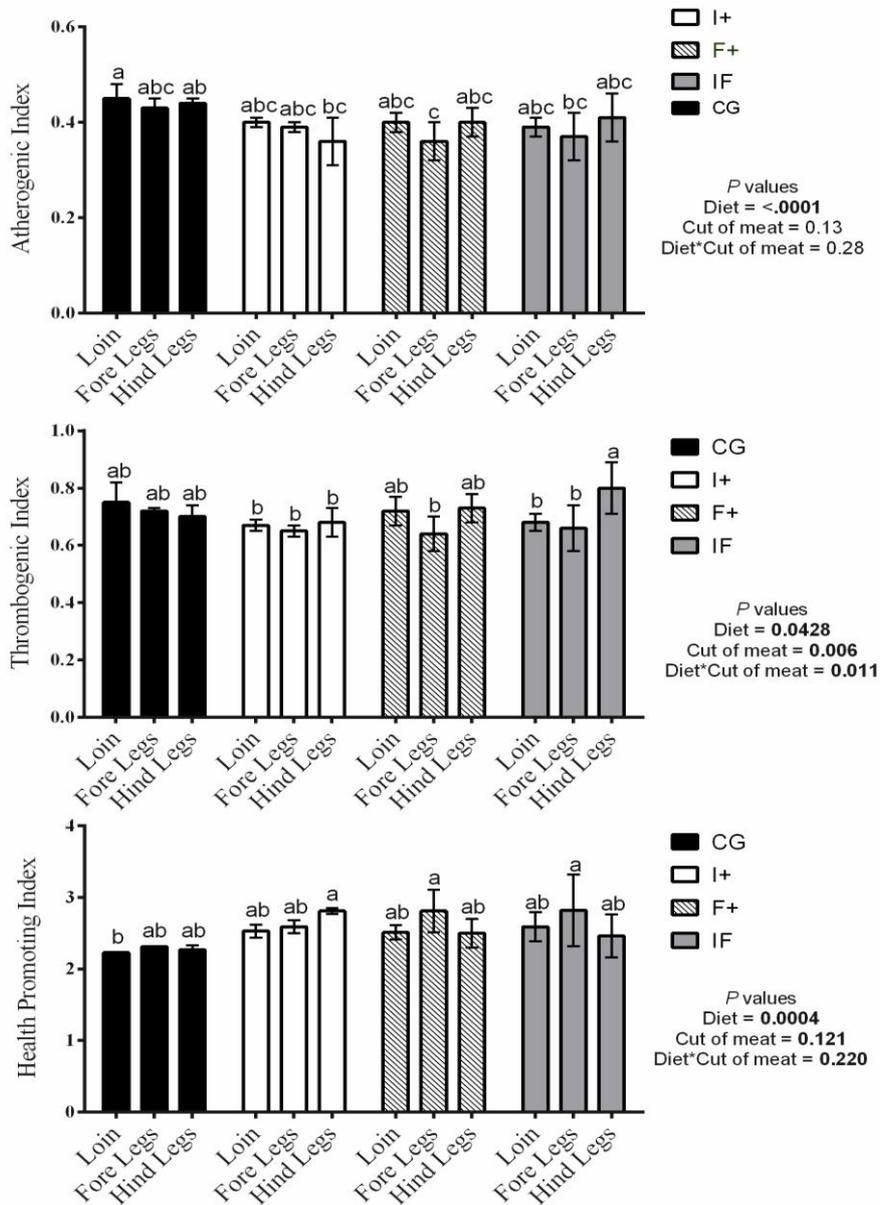
AGS= ácidos grasos saturados; PUFA= ácidos grasos poliinsaturados; MUFA= ácidos grasos monoinsaturados; ALC= isómeros de ácido linoleico conjugado (cis-9, trans-11; trans-9, cis-11; trans-10, cis-12; mg g-1 de grasa); EEM= error estándar de la media; ND= no detectados.

<sup>a,b,c,d</sup> Las medias con letras distintas en la misma fila son significativamente diferentes ( $P<0.05$ ).

En el análisis de los AGS y los PUFA, los resultados indicaron que no fueron modificados por la inulina, la flavomicina o el tipo de corte. El contenido de MUFA se vio afectado

por la alimentación y por el tipo de corte de carne y mostró una interacción significativa ( $P=0.008$ ;  $P=0.03$  y  $P=0.004$ ). Además, los contenidos de PUFA n-3 y los ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) aumentaron con la adición de inulina y en el GT. La proporción n-6/n-3 disminuyó en el GT y en el grupo I+ con respecto al F+ y al IF, pero sólo las patas traseras del grupo IF difirieron del resto ( $P=0.0001$ ). Esto resultó más evidente cuando analizamos los efectos de los cortes de carne; por ejemplo, la inulina disminuyó la proporción n-6/n-3 en las patas delanteras (4.9), mientras que el tratamiento IF incrementó este valor en las patas traseras (8.9 %). El contenido de ALC (8.3 %) del lomo de animales alimentados inulina fue tres veces más alto que el promedio de los tres cortes de carne (2.5 %) de conejos alimentados con saborizantes. Los índices aterogénico y de promoción de la salud se vieron influidos por la alimentación, mientras que el índice trombogénico recibió influencia de la alimentación y del tipo de corte de carne (Figura 1).

**Figura 1:** Índices aterogénico, trombogénico y de promoción de la salud de la carne de conejo influidos por la adición de inulina o flavomicina y por el tipo de corte de carne (n= 30)



IA = índice aterogénico  $[C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0 / n-6 \text{ PUFA} + n-3 \text{ PUFA} + \text{MUFA}]$ .

IT = índice trombogénico  $[C14:0 + C16:0 + C18:0 / (0.5 \text{ MUFA}) + (0.5 n-6 \text{ PUFA}) + (3 n-3 \text{ PUFA}) + (n-3 \text{ PUFA} / n-6 \text{ PUFA})]$ .

IPS = índice de promoción de la salud  $[n-6 \text{ PUFA} + n-3 \text{ PUFA} + \text{MUFA} / C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0]$ .

<sup>a,b,c</sup> Las medias con letras distintas son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

GT = Grupo testigo; I+ = 2.5 g de inulina/kg; F+ = 0.1 g de flavomicina/kg; IF = inulina y flavomicina.

Las patas delanteras del grupo testigo fue el corte de carne preferido (sabor= 3.4, color= 3.2 y aroma= 3.3) en todos los tratamientos analizados. Por el contrario, las patas traseras de los tratamientos F+ e IF (sabor= 2.47 y 2.47; color= 2.90 y 2.50; aroma= 2.53 y 2.57, respectivamente) fueron el corte menos preferido de todas las muestras evaluadas.

## Discusión

La adición de inulina a la alimentación de los animales no modificó la energía bruta de las dietas a las cuales se añadió este ingrediente (I+ e IF). En otro estudio en el que se utilizó inulina, la digestibilidad de la proteína y la grasa aumentó, mientras que la energía bruta de la dieta permaneció sin cambios<sup>(26)</sup>. Si bien la inulina es una fuente de carbohidratos, el porcentaje de inclusión de inulina en ambos estudios no fue suficiente como para modificar los valores de energía bruta de las dietas. En el presente estudio, pese a que el contenido de FDA disminuyó ligeramente mientras que el de la FDN aumentó con el tratamiento I+, no se detectaron diferencias estadísticas.

El tratamiento alimentario modificó el perfil de ácidos grasos de igual modo que en otros estudios<sup>(27,28)</sup>. El perfil de ácidos grasos en los animales monogástricos es casi un reflejo directo de los ácidos grasos de su alimentación. En el presente estudio, la inulina (I+), un polímero lineal y un oligómero de la fructosa con una terminal de glucosa, favoreció el aumento de los ácidos grasos oleico (C18:1),  $\alpha$ -linoleico (C18:3) y DHA (C22:6), y redujo el contenido de ácido mirístico (C14:0). Se ha demostrado que la fermentación cecal de los conejos puede modificarse mediante el uso de inulina, cambiando el precursor de ácidos grasos n-6 (ácido linoleico, C18:2) al ácido  $\alpha$ -linoleico (C18:3), el precursor de los ácidos grasos n-3, estimulando la producción de ácidos grasos insaturados más saludables<sup>(27)</sup>. Por el contrario, el antibiótico flavomicina inhibió la viabilidad y el crecimiento no sólo de la microbiota patógena sino también de la microbiota benéfica a lo largo del intestino y en el ciego<sup>(29)</sup>. Según Bovera *et al*<sup>(30)</sup>, la producción endógena de ácidos grasos saturados como el palmítico (C16:0) y el esteárico (C18:0) hacen imposible reducir los valores mediante la adición de inulina. La concentración de C16:0 disminuyó cuando se añadió flavomicina sola y una mezcla de inulina y flavomicina. Por el contrario, la flavomicina sola y la mezcla de inulina y flavomicina utilizados juntos como suplementos incrementaron la concentración de C18:0. Pueden darse efectos divergentes sobre determinados ácidos grasos debido a que los microorganismos intestinales y cecales son capaces de hidrogenar los ácidos grasos insaturados volviéndolos más saturados, o viceversa, mediante la elongación (adición de unidades de dos átomos de carbono a extremos de carboxilo) y la desaturación (introducción de enlaces dobles en los acil-CoA de cadena larga) del ácido palmítico como lo señalaron otros autores<sup>(29,30)</sup>. Esto explica por qué en el presente estudio los grupos F+ e IF presentaron un valor más bajo de ácido

palmítico (C16:0) que el I+ y el GT. Contrariamente al ácido palmítico (C16:0), el ácido esteárico (C18:0) se incrementó en los grupos F+ e IF y disminuyó en los I+ y GT. La explicación posible es que la población microbiana se ve alterada, dando como resultado una composición particular de la microbiota y, además, modificando los metabolitos producidos. Probablemente el ácido palmítico se elongue al ácido esteárico más rápidamente en los grupos F+ e IF que en los I+ GT, como se muestra en el Cuadro 2.

La coprofagia de heces suaves que los conejos llevan a cabo sobre todo en los ciclos diurnos puede incrementar la concentración de PUFA en la carne<sup>(31)</sup>. Sin embargo, en el presente estudio no se observaron diferencias en el contenido total de PUFA. Es más, la I+ incrementó el ALC (C18:2 cis-9, trans-11), las concentraciones totales de n-3 PUFA y de MUFA como el ácido palmitoleico (16:1), los cuales logaron afectar positivamente al IPS y a la vez reducir los índices aterogénico y trombogénico. Como consecuencia, el cociente n-6/n-3 se redujo en el GT y en el I+ con respecto al F+ y el IF. Por el contrario, el GT mostró una reducción de los índices IT, IA e IPS, posiblemente por el alto contenido de AGS tales como los ácidos mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0), y el contenido reducido de PUFA. Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Bovera *et al*<sup>(30)</sup> cuando alimentaron a conejos con un aditivo prebiótico “mananoligosacárido” (en dosis de 0.5, 1.0 y 1.5 g/kg de alimento), lo cual dio como resultado una reducción del IT; sin embargo, no se detectaron diferencias en el IA. En el presente estudio, la inclusión de la inulina afectó positivamente los índices de IA e IT en comparación con el GT, pero no redujo los índices IA y IT en relación con los grupos F+ e IF. Por lo tanto, sería prudente promover la concentración de los ácidos grasos deseables, tales como los isómeros de ácido linoleico conjugado (ALC), ácido  $\alpha$ -linoleico, EPA y DHA para intensificar esta tendencia. La inclusión de fuentes ricas en ácidos grasos n-3 en las dietas de los conejos, por ejemplo, en forma de aceites y harinas de oleaginosas, sería una buena opción para este propósito<sup>(13,28)</sup>. La presencia de estos metabolitos en la carne de conejo puede contribuir a su vida útil y a mejorar la salud humana como se reportó en otros productos animales<sup>(11,32-34)</sup>. En los seres humanos, la recomendación de ingesta diaria de los ácidos eicosapentanoico (C20:5) y docosahexanoico (C22:6), pertenecientes a la familia n-3, para mantener un sistema cardiovascular saludable es de 500 mg. La ingesta de carne de conejo alimentada según los grupos GT, I+, F+ e IF aporta a la ingesta diaria de ácidos grasos n-3 unos 145, 165, 121 de 110 mg/100 g, que corresponden al 29, 33, 24 y 22 % de la ración diaria recomendada, respectivamente<sup>(35)</sup>. Según el análisis, la aportación de ácidos grasos n-3 por cortes de carne —lomo, patas delanteras y patas traseras— sería de 135, 144 y 126 mg/100g de carne, que corresponden al 27, 28 y 25 % de la ración diaria recomendada, respectivamente.

Los contenidos de n-3-PUFA y MUFA aumentaron ligeramente con la adición de la inulina, elevando el índice de promoción de la salud, pero redujeron los índices aterogénico y trombogénico, lo que indica una menor probabilidad de causar un evento aterogénico o trombogénico. Esto puede deberse a la ingestión de cecotrofos por los conejos, con lo cual se incrementó el reciclado de nutrientes; es decir, el hecho de que los

conejos comieran heces suaves incrementó la disponibilidad de ácidos grasos insaturados en la dieta<sup>(29)</sup>. En ese proceso, los lípidos no utilizados, que escapan de la digestión intestinal, son hidrogenados/deshidrogenados en el ciego por la población microbiana y después liberados a la parte inferior del intestino distal, y posteriormente los conejos los ingieren a través de los cecotrofos. Es probable que la inulina siga la vía metabólica para producir ácidos grasos. Esto explica por qué el GT mostró los índices trombogénico y aterogénico más altos y exhibió un índice de promoción de la salud reducido. Asimismo, el uso de inulina por algunas bacterias como fuente de alimento produjo ácidos grasos de cadena corta, lo cual podría favorecer la acidificación de los ambientes del intestino y del ciego, facilitando la colonización de bacterias de ácido láctico benéficas e impidiendo la presencia y la actividad de los patógenos potenciales<sup>(15,29)</sup>.

Con respecto a la influencia de los cortes de carne en el perfil de ácidos grasos, no se encontró ninguna diferencia clara entre los cortes de AGS, MUFA o PUFA. Petracci *et al*<sup>(6)</sup> encontraron que el contenido de n-3 PUFA en los conejos alimentados con dietas con 3%, 6% y 9% de semillas de linaza aumentó más en las patas traseras (2.4, 6.0, 8.5 y 11.0% del total de ácidos grasos) que en el lomo (2.1, 4.6, 6.8 y 8.85 % del total de ácidos grasos). Los PUFA tendieron a aumentar más en las patas que en el lomo. Estos resultados son mayores que los encontrados en el presente estudio, donde los n-3 PUFA fueron en promedio 3.7% para el lomo, las patas delanteras y las patas traseras. Los autores concluyeron que probablemente el alto porcentaje de semilla de linaza (de hasta un 9%), las cuales son una rica fuente de PUFA, incrementaron el contenido de ácido  $\alpha$ -linoleico (18:3) y también el de los ácidos grasos n-3. La concentración más baja de ácido  $\alpha$ -linoleico (18:3) en el presente estudio en comparación con el contenido más alto reportado en el estudio de Petracci<sup>(6)</sup> ayuda a explicar estas diferencias. Es más, sus resultados son similares a los del presente estudio, puesto que las patas traseras exhibieron la concentración más alta de PUFA en comparación con el lomo y las patas delanteras.

Actualmente ningún estudio ha aquilatado la evaluación sensorial por parte de los consumidores carne de conejos alimentados con un suplemento funcional en comparación con un antibiótico como promotor de crecimiento. Sin embargo, se teme que el uso excesivo de antibióticos como promotores de crecimiento en la alimentación de los animales pueda provocar resistencia en las bacterias y en los microorganismos. En la presente investigación, la flavomicina redujo las preferencias de los panelistas en materia de sabor, color y aroma de la carne. Debido a que la flavomicina modifica el grosor de la pared intestinal, el crecimiento de las bacterias intestinales se ve limitado por inhibición de la biosíntesis de peptidoglicano y la absorción de los nutrientes aumenta<sup>(15,16)</sup>, el transporte de los nutrientes al torrente sanguíneo y los tejidos de los animales podría modificarse sustancialmente. Por ello, la disponibilidad de los nutrientes y los cambios en el depósito de lípidos provocados por la flavomicina podrían explicar, hasta cierto punto, esas diferencias<sup>(19)</sup>. La dieta es un importante motor de modificaciones sensoriales en los productos animales<sup>(28,32)</sup>. La inulina puede favorecer las características hedónicas, como lo demuestran Méndez-Zamora *et al*<sup>(36)</sup>, quienes evaluaron la inclusión de 15%

(expresado en peso seco) de inulina como aditivo saborizante en las salchichas. En ese estudio, la inulina mejoró el color y en general la aceptación de las salchichas por los consumidores. Estos resultados sugieren que la adición de inulina a la dieta tendría efectos similares en la carne de conejo, además del beneficio prebiótico, al incrementar las propiedades hedónicas. Sin embargo, este efecto no fue evidente cuando se mezcló la inulina con flavomicina.

**Cuadro 3:** Evaluación sensorial y preferencia de los consumidores de carne de conejo influidas por la adición de inulina o flavomicina y por el tipo de corte de carne (n= 30)

	Testigo		Inulina (I)		Flavomicina (F)		IF		EEM		Valor de P					
	Lomo	Patatas delanteras	Patatas traseras	Lomo	Patatas delanteras	Patatas traseras	Lomo	Patatas delanteras	Patatas traseras	Lomo	Patatas delanteras	Patatas traseras	Dieta	Corte de carne	Dieta x Corte de carne	
Sabor	3.3 <sup>abc</sup> ±0.52	3.46 <sup>a</sup> ±0.57	2.97 <sup>abcd</sup> ±0.80	3.03 <sup>abcd</sup> ±0.41	2.73 <sup>cd</sup> ±0.63	2.90 <sup>abcd</sup> ±0.54	3.03 <sup>abcd</sup> ±0.66	2.87 <sup>bcd</sup> ±0.73	2.47 <sup>d</sup> ±0.68	3.43 <sup>abc</sup> ±0.67	2.80 <sup>cd</sup> ±0.92	2.47 <sup>d</sup> ±0.73	0.007	<0.0001	0.01	0.0003
Color	3.10 <sup>ab</sup> ±0.60	3.23 <sup>a</sup> ±0.56	2.90 <sup>ab</sup> ±0.75	3.0 <sup>ab</sup> ±0.45	2.83 <sup>ab</sup> ±0.74	3.03 <sup>ab</sup> ±0.71	3.0 <sup>ab</sup> ±0.78	2.77 <sup>ab</sup> ±0.72	2.90 <sup>ab</sup> ±0.71	3.30 <sup>a</sup> ±0.65	2.83 <sup>ab</sup> ±0.91	2.50 <sup>b</sup> ±0.90	0.008	0.01	0.01	0.18
Aroma	3.13 <sup>ab</sup> ±0.43	3.30 <sup>a</sup> ±0.70	3.06 <sup>abc</sup> ±0.73	3.03 <sup>abcd</sup> ±0.49	2.77 <sup>bcd</sup> ±0.56	3.0 <sup>abcd</sup> ±0.45	3.13 <sup>ab</sup> ±0.50	2.80 <sup>abcd</sup> ±0.71	2.53 <sup>d</sup> ±0.73	3.10 <sup>ab</sup> ±0.54	2.83 <sup>abcd</sup> ±0.74	2.57 <sup>cd</sup> ±0.67	0.006	<0.0001	0.33	0.03

<sup>a,b,c,d</sup> Las medias con letras distintas en la misma fila son significativamente diferentes (P<0.05). EEM= error estándar de la media.

Cuando se realizaron pruebas de los principales efectos (de la alimentación y los cortes de carne), el lomo resultó ser el corte más preferido en cuanto a todas las características sensoriales evaluadas; pero cuando se evaluaron los efectos específicos de los tratamientos de alimentación para cada uno de los cortes de carne, las patatas delanteras del GT fueron las piezas favoritas entre todos los cortes evaluados. Si bien no se evaluaron las propiedades reológicas, éstas pueden desempeñar un papel importante en la consecución de este resultado, en el cual las diferencias en textura, dureza, suavidad, elasticidad y correosidad entre las piezas de carne, son factores determinantes de las preferencias de los consumidores<sup>(2)</sup>.

## Conclusiones e implicaciones

La adición de inulina en la dieta de los conejos incrementa los ácidos grasos benéficos (ALC y n-3 PUFA) y permite un mejor índice de promoción de la salud a la vez que reduce los índices aterogénico y trombogénico de la carne. Los cortes de carne tuvieron un impacto menor en el cambio del perfil de ácidos grasos que la adición de inulina o de flavomicina. La flavomicina redujo el puntaje de las preferencias entre los panelistas en términos de sabor, color y aroma. Las propiedades reológicas de la carne deben ser

tomadas en cuenta para determinar su influencia en la preferencia de los consumidores. La inulina es una buena alternativa para evitar el uso de antibióticos en la alimentación de los conejos. Se deben realizar investigaciones complementarias sobre el rendimiento de los animales y los beneficios económicos, a fin de apoyar el uso de la inulina como prebiótico.

## **Agradecimientos**

Nuestro agradecimiento especial a Irene Torres Acosta por su ayuda durante la fase experimental con los animales, y a Silvia Carrillo Domínguez por sus recomendaciones para el análisis estadístico. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión definitiva del manuscrito.

## **Cumplimiento de las normas éticas**

Los protocolos de alojamiento, manejo, sacrificio y muestreo de los animales fueron aprobados por la Comisión de Investigación en Animales (CINVA) del INCMNSZ bajo el número de registro NAN-059-09-10-1. Todos los procedimientos se llevaron a cabo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio (NOM 062-ZOO-1999).

## **Conflicto de interés**

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

---

**Literatura citada:**

1. Combes S. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin (Nutritional value of rabbits meat). INRA - Prod Anim 2004;17(5):373-383.
2. Dalle Zotte A, Szendrő Z. The role of rabbit meat as functional food. Meat Sci 2011;88(3):319-331.
3. Ganesan B, Brothersen C, McMahon DJ. Fortification of foods with omega-3 polyunsaturated fatty acids. Crit Rev Food Sci Nutr 2014;54(1):98-114.
4. Simopoulos A. An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. Nutrients 2016;8(3):128.
5. Salas-Montiel R, Acosta-Torres I, Delgado-Villareal E, Juárez-Silva ME, Azaola A, Pérez-Gil Romo F. Inulin as a growth promoter in diets for rabbits. R Bras Zootec 2013;42:885-891.
6. Petracci M, Bianchi M, Cavani C. Development of rabbit meat products fortified with n-3 polyunsaturated fatty acids. Nutrients 2009;1(2):111-118.
7. Mattioli S, Dal Bosco A, Szendrő Z, Cullere M, Gerencsér Z, Matics Z, *et al.* The effect of dietary Digestarom® herbal supplementation on rabbit meat fatty acid profile, lipid oxidation and antioxidant content. Meat Sci 2016;121:238-242.
8. Connor S, Artaud-Wild S, Classick-Kohn C, Gustafson J, Flavell D, Hatcher L, *et al.* The cholesterol/saturated-fat index: an indication of the hypercholesterolaemic and atherogenic potential of food. The Lancet 1986;327(8492):1229-1232.
9. Ulbricht TLV, Southgate DAT. Coronary heart disease: seven dietary factors. The Lancet 1991;338(8773):985-992.
10. Chen S, Bobe G, Zimmerman S, Hammond EG, Luhman CM, Boylston TD, *et al.* Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid compositions. J Agri Food Chem 2004;52(11):3422-3428.
11. Cuchillo HM, Puga DC, Wrage N, Pérez-Gíl RF. Feeding goats on scrubby Mexican rangeland and pasteurization: Influences on milk and artisan cheese quality. Trop Anim Health Prod 2010;42(6):1127-1134.
12. Ramírez JA, Díaz I, Pla M, Gil M, Blasco A, Oliver MA. Fatty acid composition of leg meat and perirenal fat of rabbits selected by growth rate. Food Chem 2005;90(1-2):251-256.
13. Dal Bosco A, Castellini C, Bianchi L, Mugnai C. Effect of dietary  $\alpha$ -linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. Meat Sci 2004;66(2):407-413.

14. Edwards JE, Bequette BJ, McKain N, McEwan NR, Wallace RJ. Influence of flavomycin on microbial numbers, microbial metabolism and gut tissue protein turnover in the digestive tract of sheep. *Br J Nutr* 2007;94(1):64-70.
15. Sharifi SD, Dibamehr A, Lotfollahian H, Baurhoo B. Effects of flavomycin and probiotic supplementation to diets containing different sources of fat on growth performance, intestinal morphology, apparent metabolizable energy, and fat digestibility in broiler chickens. *Poult Sci* 2012;91(4):918-927.
16. Maertens L. Strategies for the reduction of antibiotic utilization during rearing. *World Rabbit Sci* 2008;1611-120.
17. Roberfroid M, Gibson GR, Hoyles L, McCartney AL, Rastall R, Rowland I, *et al.* Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *Br J Nutr* 2010;104(S2):S1-S63.
18. Mourão JL, Pinheiro V, Alves A, Guedes CM, Pinto L, Saavedra MJ, *et al.* Effect of mannan oligosaccharides on the performance, intestinal morphology and cecal fermentation of fattening rabbits. *Anim Feed Sci Technol* 2006;126(1-2):107-120.
19. Velasco S, Ortiz LT, Alzueta C, Rebolé A, Treviño J, Rodríguez ML. Effect of inulin supplementation and dietary fat source on performance, blood serum metabolites, liver lipids, abdominal fat deposition, and tissue fatty acid composition in broiler chickens. *Poult Sci* 2010;89(8):1651-1662.
20. Blasco A, Ouhayoun J. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci* 1996;4(2):93-99.
21. AOAC, Official Methods of Analysis. 23 ed.; Association of Official Analytical Chemists: Washington, DC. USA. 2003.
22. Parr, Instrument Company. Oxygen bomb calorimetric and combustion methods. : Parr Instrument Company (Technical manual No. 130). ed.; Moline, Illinois. USA. 1966.
23. Folch JM, Less M, Sloane-Stanley G. A simple method of the isolation and purification of total lipids. *J Biol Chem* 1957;226:497-504.
24. Juárez S, Carlin S, Rebollo F, Verdugo R, Martínez G. Sensory evaluation of cooked pork meat (*M. bicepsfemoris*) fed with and without ractopamine hydrochloride associated to age but not gender of the non-trained panelist. *J Anim Plant Sci* 2016;26(1):40-45.
25. SAS SAS/STAT® 9.2. User's Guide. Second edition, 1; SAS. Institute Inc: Cary, North Carolina, USA. 2009.

26. Alzueta C, Rodríguez ML, Ortiz LT, Rebolé A, Treviño J. Effects of inulin on growth performance, nutrient digestibility and metabolisable energy in broiler chickens. *Br Poul Sci* 2010;51(3):393-398.
27. Dal Bosco A, Mugnai C, Roscini V, Paci G, Castellini C. Effect of genotype on estimated indexes of fatty acid metabolism in rabbits. *World Rabbit Sci* 2014;22(2):21-28.
28. Jiya E, Ijaiya A, Ayanwale BA, Olorunsanya AO. Fatty acid composition of meat from the hind leg cut of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) fed diets containing graded levels of processed tallow (*Detarium Microcarpum*) seed meal. *Biotech Anim Husb* 2015;31(2):283-290.
29. Bovera F, Lestingi A, Iannaccone F, Tateo A, Nizza A. Use of dietary mannanoligosaccharides during rabbit fattening period: Effects on growth performance, feed nutrient digestibility, carcass traits, and meat quality. *J Anim Sci* 2012;90(11):3858-3866.
30. Bovera F, Lestingi A, Piccolo G, Iannaccone F, Attia YA, Tateo A. Effects of water restriction on growth performance, feed nutrient digestibility, carcass and meat traits of rabbits. *Animal* 2013;7(10):1600-1606.
31. Leiber F, Meier JS, Burger B, Wettstein H-R, Kreuzer M, Hatt J-M, *et al.* Significance of coprophagy for the fatty acid profile in body tissues of rabbits fed different diets. *Lipids* 2008;43(9):853-865.
32. Cuchillo HM, Puga DC, Navarro OA, Pérez-Gíl RF. Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing. *J Dairy Res* 2010;77(1):20-26.
33. Galina MA, Osnaya F, Cuchillo HM, Haenlein GFW. Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Rumin Res* 2007;71(1-3):264-272.
34. Delgadillo PC, Sánchez MB, Nahed TJ, Cuchillo HM, Díaz MM, Solis ZR, *et al.* Fatty acid content, health and risk indices, physicochemical composition, and somatic cell counts of milk from organic and conventional farming systems in tropical south-eastern Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2014;46(5):883-888.
35. EFSA. Labelling reference intake values for n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids. *EFSA*. 2009;7(7):1-11.
36. Méndez-Zamora G, García-Macías JA, Santellano-Estrada E, Chávez-Martínez A, Durán-Meléndez LA, Silva-Vázquez R, *et al.* Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Sci Technol* 2015;35(1):25-31.