



Efecto de la inclusión de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en la calidad de la canal y de la carne de conejos en crecimiento



Ysnagmy Vázquez Pedroso ^a

Hugo Bernal Barragán ^{b*}

Manuel Isidoro Valdivié Navarro ^a

Erasmus Gutiérrez Ornelas ^b

Luis Marino Mora Castellanos ^a

Ernesto Sánchez Alejo ^b

Carlos Alberto Hernández Martínez ^b

^a Instituto de Ciencia Animal. Carretera Central, Km. 47½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^b Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Campus de Ciencias Agropecuarias. Gral. Escobedo N.L. México.

*Autor de correspondencia: hugo.bernalbr@uanl.edu.mx; hubernal05@yahoo.com.mx

Resumen:

Se evaluó el efecto de la inclusión de diferentes niveles (0, 10, 20 y 30 %) de grano seco de destilería con solubles (DDGS), sobre la calidad de la canal y de la carne de conejos en crecimiento, utilizando 56 conejos (Negro Azteca x Chinchilla) de 40 días de edad. Terminado el período de ceba, se sacrificaron 20 conejos (5 por tratamiento) y se determinó la proporción de la canal conformada por las extremidades anteriores, extremidades posteriores, costillas y lomo. Se determinó el peso total de carne, hueso y grasa del lomo, y se calculó la relación carne:hueso para toda la canal. Se realizó la evaluación sensorial de la carne con 46 panelistas que valoraron el olor, color, sabor y textura. En el músculo *Longissimus dorsi* se determinó el color, evaluando la luminosidad (L*), el índice de rojo (a*) y el índice de amarillos (b*). Además, se evaluó textura mediante medición de la fuerza de ruptura. Los resultados de calidad de la canal y de la carne se analizaron por medio de ANOVA. Los resultados de la evaluación sensorial se

evaluaron con estadística no paramétrica. No hubo diferencias ($P>0.05$) en las mediciones de la canal, características organolépticas ni textura de la carne. El parámetro b^* del color de la carne fue mayor ($P<0.05$) en las dietas con 10, 20 y 30 % de DDGS (11.77, 12.17 y 12.22 respectivamente) comparado con la dieta control (9.68). La evaluación sensorial evidenció que la carne de conejo con o sin DDGS tuvo un olor y sabor agradable, color pálido y textura suave. Se concluyó que la inclusión de DDGS hasta 30 % en la dieta, no afectó las características de la canal ni de la carne de los conejos.

Palabras clave: DDGS, Conejos, Calidad canal, Calidad carne.

Recibido: 24/01/2017

Aceptado: 07/05/2018

Introducción

La producción de etanol ha crecido notablemente en el mundo, de 16,600 millones de litros en el año 2001 a 83,400 millones en el 2011⁽¹⁾, manteniéndose una tendencia de continuo crecimiento durante los próximos años como respuesta a la demanda mundial de biocombustibles^(2,3).

En general, la Unión Europea produce el etanol a partir de distintos cereales, mientras que Brasil lo genera de la caña de azúcar^(4,5) y Estados Unidos del maíz. En este contexto, los Estados Unidos son el mayor productor de etanol, ya que alcanzaron una producción total de 60 mil millones de litros en el año 2014. Los granos secos de destilería con solubles (DDGS, por sus siglas en inglés: Dried Distiller's Grains with Solubles) son un subproducto de la industria de los biocombustibles cuyo valor nutricional, disponibilidad y costos constituyen una oportunidad para la alimentación animal⁽⁶⁾.

En México la producción de etanol se lleva a cabo a partir de caña de azúcar y variedades de sorgo dulce, y por ello no se producen DDGS⁽⁷⁾. Sin embargo; los ganaderos mexicanos han encontrado que los DDGS son un recurso valioso que les permite sustituir parcialmente granos como el maíz y sorgo, así como harina de soya de sus dietas con ventajas económicas y de sostenibilidad, de tal forma que México importa y consume una gran cantidad de los DDGS que EE.UU. produce⁽⁸⁾. En México, los DDGS importados a precios competitivos representan una fuente de proteína, aminoácidos, grasa, energía y minerales, alternativa a ingredientes convencionales, que son utilizados también para consumo humano.

En Estados Unidos de América, los mayores consumidores de DDGS son los rumiantes (66 % el ganado de carne y 14 % el ganado lechero), pero los porcinos aumentan

aceleradamente su empleo que ya alcanza el 12 % del total de DDGS, mientras que la industria avícola utiliza alrededor del 8 % de los DDGS disponibles⁽⁹⁾. Para los próximos años se prevé que aumente la utilización de DDGS en alimentación animal, debido a los resultados positivos que se han obtenido en alimentación de aves^(10,11).

Los estudios sobre utilización de DDGS en cunicultura son aún escasos. Algunos trabajos se relacionan con el comportamiento productivo⁽¹²⁻¹⁵⁾, la digestibilidad de nutrientes^(16,17), la morfometría y otros rasgos de la canal^(18,19,20). Aun cuando los DDGS incluidos en la dieta de conejos pueden sustituir granos y subproductos de oleaginosas con beneficio económico para los ganaderos, se requiere evaluar el efecto que tienen los DDGS incluidos en la dieta sobre las partes comerciales de la canal y las características sensoriales de la carne de conejo. Por eso, el objetivo de este estudio fue evaluar cómo afectan los DDGS incluidos en la dieta, sobre la calidad de la canal y de la carne de conejos en crecimiento.

Material y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones cunícolas de la Unidad La Ascensión, en Aramberri, N.L., de la Facultad de Agronomía UANL, así como en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Centro de Investigación y Desarrollo de Industrias Alimentarias de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Se utilizaron 56 conejos híbridos (Negro Azteca x Chinchilla), destetados a los 40 días de edad, con un peso vivo promedio de 752 ± 39 g, los cuales se sometieron a condiciones similares de manejo y alimentación, proporcionándoles agua y alimento *ad libitum*. Todos los animales se ubicaron en jaulas de alambre galvanizado, con una dimensión de 840 x 330 x 400 mm, provistas de comedero y de bebedero, a razón de dos conejos por jaula. Cada jaula fue una unidad experimental. Se evaluaron cuatro dietas (n= 7 jaulas por tratamiento) que consistieron en la inclusión de cuatro niveles de DDGS (0, 10, 20 o 30 %) que sustituyeron principalmente a sorgo, harina de soya y fosfato monocálcico de la dieta testigo con 0 % de DDGS⁽¹⁵⁾. El Cuadro 1 muestra la composición en base húmeda (BH) y aporte de las dietas utilizadas.

Cuadro 1: Composición y aporte calculado de las dietas en base húmeda

Ingredientes	Porcentajes de DDGS incluidos en la dieta			
	0	10	20	30
Harina de alfalfa	50.38	49.05	53.88	55.28
Grano de sorgo	30.00	26.94	17.20	10.40
Harina de soya	13.70	9.60	4.60	0.00
DDGS	0.00	10.00	20.00	30.00
Melaza	3.00	3.00	3.00	3.00
Fosfato monocálcico	0.68	0.54	0.46	0.36
Sal común	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix Vit+Min traza ¹	0.20	0.20	0.20	0.20
DL-Metionina	0.14	0.14	0.14	0.14
L-Lisina	0.00	0.00	0.02	0.12
Aceite de soya	1.40	0.00	0.00	0.00
Aporte analizado:				
Proteína cruda, %	17.05	16.73	16.94	17.42
Grasa cruda, %	3.23	2.82	3.57	4.99
NDF, %	18.89	22.30	24.82	27.94
ADF, %	15.32	17.85	18.87	20.95
Energía bruta, kcal/kg	3006	3106	3239	3286
Aporte calculado:				
Fibra bruta, %	17.43	17.57	19.46	20.36
Energía digest, kcal/kg	2814	2714	2635	2583
Fósforo total, %	0.45	0.45	0.45	0.45
Calcio, %	0.88	0.85	0.90	0.91
Lisina, %	0.77	0.71	0.65	0.65
Metionina + Cistina, %	0.60	0.60	0.60	0.60

¹ Premezcla Vit + Min traza contenía lo siguiente (por kg de premezcla): Vitaminas: A: 12.000.000 UI, D3: 1.500.000 UI, E: 60.000 UI, K3: 2 g, tiamina (B1): 2 g, riboflavina: 6 g, piridoxina (B6): 3.5 g, B12: 20 mg, biotina: 150 mg, Ácido Fólico: 520 mg, niacina: 60 g, ácido pantoténico: 15 g, cloruro de colina: 500 g. Minerales: antioxidante: 2000 g, manganeso 40 g, zinc: 100 g, hierro: 90 g, cobre: 10 g, yodo: 480 mg, selenio: 240 mg, coccidiostato Cycostat (robenidina 6.6 %): 500 g.

Al finalizar la ceba (96 días de edad) y con un peso comercial promedio de $1,955 \pm 86$ g, se sacrificaron y evisceraron, sin previo ayuno, 20 conejos, los cuales se seleccionaron al azar (cinco por tratamiento), suficientes para proveer la carne necesaria para las pruebas sensoriales. El método de sacrificio usado fue la contusión, golpeando al conejo en la base de la cabeza, sobre la parte superior del cuello, en la región occipital y confirmando la muerte por el cese de la circulación⁽²¹⁾.

Se determinó el peso de las extremidades anteriores, extremidades posteriores, costillar y lomo. Seguidamente, cada porción se deshuesó para determinar el total de carne y de hueso, así como la grasa del lomo, y determinar posteriormente la relación carne:hueso de la canal, de acuerdo a la metodología previamente descrita⁽²²⁾.

Se localizó y se extrajo el músculo *Longissimus dorsi* (LD) a nivel de la 5^{ta} vértebra lumbar para evaluar el color y la terneza de la carne. La canal se fraccionó de acuerdo

con la metodología descrita por Blasco *et al*⁽²³⁾. El color de la carne se determinó después de 24 h de refrigeración, con un colorímetro (CR-400, Konica, Minolta, Japón) mediante la medición de los parámetros de color empleados en la metodología CIE⁽²⁴⁾: luminosidad (L^*), índice (a^*) que indica colores del verde (valores negativos de a) hasta rojo (valores positivos de a) e índice (b^*) que indica colores del azul (valores negativos de b) hasta amarillo (valores positivos de b). Para evaluar la terneza de la carne se utilizó un texturómetro (TA-XT plus, Texture Analyzer, Stable Micro Systems, Godalming, UK), provisto de una cuchilla Warner-Bratzler⁽²⁵⁾ con corte triangular, con la que se determinó la fuerza al corte.

Además, se realizó la evaluación sensorial de la carne en modalidad de análisis afectivo, con participación de consumidores potenciales o actuales, quienes expresan su opinión de preferencia entre varios productos puestos a su consideración⁽²⁶⁾. Para ello se utilizó un panel de 46 evaluadores con un rango de edad entre 17 y 56 años, quienes fueron orientados en forma similar a la descrita por Mariezcurrena-Belasaraín *et al.*, para carne de cerdo⁽²⁷⁾. Con el fin de ofrecer un producto cárnico que fuera al menos en parte conocido por las personas participando en el panel de evaluadores, las muestras se prepararon como albóndigas (freídas) sin adición de especias, excepto sal, para cada tratamiento independiente. A los consumidores se les presentaron cuatro muestras (una por cada tratamiento) en una bandeja junto con un vaso con agua. Las muestras se codificaron aleatoriamente identificadas con un código. Se evaluaron las características organolépticas: olor, color, sabor y textura, manejando una escala hedónica⁽²⁸⁾ con valores del 1 al 5. Para la característica de olor, los valores del 1 al 5 correspondieron a: muy desagradable, desagradable, ni agradable ni desagradable, agradable, muy agradable. En el caso de la característica de color los valores 1 al 5 correspondieron a: muy fuerte, fuerte, ni pálido ni fuerte, pálido, muy pálido. Para el caso de sabor los valores del 1 al 5 correspondieron a: me disgusta mucho, me disgusta, ni me gusta ni me disgusta, me gusta y me gusta mucho, respectivamente. Para el caso de textura, los valores del 1 al 5 correspondieron a: muy firme, firme, ni suave ni firme, suave, muy suave.

El análisis estadístico de las variables peso de la canal fría, y de calidad de canal y de la carne (expresadas en porcentaje respecto al peso de la canal fría), consideró la utilización del programa estadístico StatSoft⁽²⁹⁾, para probar los supuestos teóricos del análisis de varianza, llevando a cabo el análisis de homogeneidad de varianza por la prueba de Levene⁽³⁰⁾ y normalidad de los errores por la prueba de Shapiro y Wilk⁽³¹⁾. Las mismas cumplieron dichos supuestos, por lo que no fue necesario realizar la transformación. Posteriormente, se realizó análisis de varianza según diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y cinco repeticiones por tratamiento. Para el procesamiento estadístico se utilizó el software estadístico INFOSTAT, versión 2012⁽³²⁾. Para determinar las diferencias entre tratamientos se aplicó prueba de Duncan⁽³³⁾ a nivel de $P < 0.05$.

Para los resultados de la evaluación sensorial de la carne se llevó a cabo el análisis de estadística no paramétrica (Ji cuadrada), utilizando el paquete SPSS (Versión 24), analizando las frecuencias de respuestas para determinar si existían diferencias entre tratamientos en cada indicador.

Resultados y discusión

Los resultados relacionados con el peso de la canal y sus porciones comestibles se muestran en el Cuadro 2. No se observaron diferencias ($P>0.05$) en ninguna de las variables estudiadas. De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, la inclusión de hasta 30 % de DDGS en la dieta de conejos en crecimiento no tuvo efecto favorable ni desfavorable sobre las características de la canal. Aunque se puede cuestionar que la falta de efecto de los niveles de DDGS sobre la composición de la canal de conejos reportada pudo haberse debido al número de repeticiones empleado ($n= 5$ por tratamiento). Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con los obtenidos en trabajos previos al incluir hasta 20 % de DDGS^(19,20) y hasta 28 %⁽³⁴⁾ en la dieta de conejos, sin alterar el rendimiento de la canal.

Cuadro 2: Peso de la canal y proporción de las piezas comerciales en conejos alimentados con diferentes niveles de DDGS

Indicadores	Niveles de DDGS (%)				EE (\pm)	P
	0	10	20	30		
Peso canal fría, g	1057.1	957.7	1004.8	956.9	35.31	0.1851
E. posteriores, %	34.15	31.84	31.66	31.18	1.47	0.5070
Lomo, %	26.39	32.41	31.89	29.40	1.84	0.1213
Costillas, %	21.15	19.37	20.86	23.00	1.34	0.3294
E. anteriores, %	18.31	16.39	15.59	16.42	0.72	0.0913

E= extremidades.

En el presente trabajo, al incluir hasta 30 % de DDGS en la dieta, sin registrar efectos negativos sobre la composición de la canal, se pudo determinar experimentalmente el beneficio que los DDGS representan para la alimentación de conejos en crecimiento, al haber sustituido hasta un 65 % del grano de sorgo, y hasta un 100 % de la harina de soya de la dieta. Lima *et al*⁽³⁴⁾ propusieron la inclusión de DDGS en la dieta de conejos en crecimiento para sustituir 65 % del heno de alfalfa y 100 % de la harina de soya de la dieta de referencia. Sin embargo, la idea de nuestro grupo de trabajo consiste más bien en evaluar la utilización de mayor cantidad de forraje y subproductos agroindustriales a las dietas de animales domésticos, sin alterar negativamente, o mejorar su comportamiento productivo. Esta propuesta también la plantearon Youssef *et al*⁽¹⁴⁾, al sustituir hasta 65 % de granos y hasta 95 % de la harina de soya por inclusión de hasta 30 % de DDGS en la dieta de conejos en crecimiento, con buenos resultados de indicadores de crecimiento.

Los niveles de DDGS incluidos en las dietas experimentales no afectaron ($P>0.05$) las proporciones de carne, hueso ni grasa de la canal (Cuadro 3). La proporción de carne promedió 65 ± 1.24 %, y correspondió a 2.2 veces la proporción de hueso. El contenido

de grasa de la canal fue menor de 2.5 % en todas las dietas. Resultados similares a los del presente trabajo fueron reportados por Lima *et al*⁽³⁴⁾, quienes no encontraron diferencias en la relación carne:hueso de las piernas y en el contenido de grasa visceral de conejos por efecto de niveles entre 0 y 28 % de DDGS en la dieta de conejos en crecimiento.

Cuadro 3: Proporción de carne, hueso y grasa y relación carne:hueso en la canal de los conejos alimentados con diferentes niveles de DDGS

Indicadores	Niveles de DDGS (%)				EE (±)	P
	0	10	20	30		
Carne, %	65.52	64.95	65.72	64.35	1.24	0.8615
Hueso, %	28.46	30.36	30.98	29.95	1.29	0.5704
Grasa del lomo, %	2.30	1.59	1.04	2.28	0.36	0.0743
Carne: hueso	2.32	2.15	2.15	2.18	0.13	0.7319

La evaluación sensorial realizada por 46 panelistas, generó diferencias significativas ($P < 0.05$) en la frecuencia de respuestas seleccionadas para cada una de las cinco categorías respecto a cada uno de los parámetros evaluados: olor, color, sabor y textura, de la carne de conejo (Cuadro 4). Sin embargo, las opiniones de los panelistas fueron similares entre tratamientos ($P > 0.367$).

Cuadro 4: Análisis sensorial en carne de conejos alimentados con diferentes niveles de DDGS (n=46 panelistas)

Respuestas	Niveles de DDGS (%)							
	0		10		20		30	
	No. ¹	%	No.	%	No.	%	No.	%
Olor:								
Muy agradable	14	30.4 ^{ab}	13	28.3 ^a	9	19.6 ^b	10	21.7 ^b
Agradable	24	52.2 ^a	22	47.8 ^a	27	58.7 ^a	26	56.5 ^a
Ni agradable ni desagradable	8	17.4 ^b	10	21.7 ^a	10	21.7 ^b	10	21.7 ^b
Desagradable	0	0.0 ^c	1	2.2 ^b	0	0.0 ^c	0	0.0 ^c
Muy desagradable	0	0.0 ^c	0	0.0 ^c	0	0.0 ^c	0	0.0 ^c
Color:								
Muy pálido	6	13.0 ^b	3	6.5 ^b	5	10.9 ^b	6	13.0 ^b
Pálido	18	39.1 ^a	18	39.1 ^a	17	37.0 ^a	16	34.8 ^a
Ni pálido ni fuerte	18	39.1 ^a	18	39.1 ^a	16	34.8 ^a	17	37.0 ^a
Fuerte	4	8.7 ^b	7	15.2 ^b	8	17.4 ^b	5	10.9 ^b
Muy fuerte	0	0.0 ^c	0	0.0 ^c	0	0.0 ^c	2	4.3 ^b
Sabor:								

Me gusta mucho	7	15.2 ^b	11	23.9 ^{ab}	8	17.4 ^b	10	21.7 ^b
Me gusta	21	45.7 ^a	25	54.3 ^a	26	56.5 ^a	22	47.8 ^a
Ni gusta ni disgusta	13	28.3 ^{ab}	6	13.0 ^b	11	23.9 ^b	10	21.7 ^b
Me disgusta	4	8.7 ^b	3	6.5 ^b	0	0.0 ^c	2	4.3 ^c
Me disgusta mucho	1	2.2 ^b	1	2.2 ^b	1	2.2 ^c	2	4.3 ^c
Textura:								
Muy suave	6	13.0 ^b	6	13.0 ^{ab}	2	4.3 ^b	4	8.7 ^b
Suave	20	43.5 ^a	15	32.6 ^a	22	47.8 ^a	18	39.1 ^a
Ni suave ni firme	11	23.9 ^a	7	15.2 ^{ab}	8	17.4 ^{ab}	11	23.9 ^{ab}
Firme	9	19.6 ^b	16	34.8 ^a	14	30.4 ^a	9	19.6 ^{ab}
Muy firme	0	0.0 ^c	2	4.3 ^b	0	0.0 ^c	4	8.7 ^b

^{a,b,c} Medias con letras diferentes en cada columna indican diferencias en las frecuencias de panelistas ($P<0.05$).

¹ Número de panelistas.

En cuanto al olor, entre 35 y 38 de los 46 panelistas (76 a 82 % indistintamente en los diferentes tratamientos; $P=0.687$) opinaron que el olor de la carne de los conejos tenía olor entre agradable y muy agradable; mientras que entre 8 y 10 (17 a 21 %) opinaron que el olor de la carne era neutro, es decir ni agradable, ni desagradable, sin que se reportaran diferencias ($P=0.957$) entre las cuatro dietas experimentales.

Referente al color de la carne, similares proporciones de los 46 panelistas (entre 16 y 18 evaluadores en cada uno de los cuatro tratamientos; $P=0.984$) opinaron que la carne de los animales alimentados con dietas con entre 0 y 30 % de DDGS, tenía color ni pálido ni fuerte o pálido. Menor frecuencia de panelistas ($P<0.05$; Cuadro 4) opinaron que la carne tenía un color muy pálido (entre 3 y 6 de los panelistas para cada tratamiento; $P=0.753$), o fuerte (entre 4 y 8 respuestas por tratamiento; $P=0.644$).

Respecto al sabor de la carne de conejo, entre 21 y 26 (45 a 56 %) de los 46 panelistas expresaron que les gustó la carne de conejo. Entre 8 y 11 (entre 17 y 24 %) de los 46 panelistas opinó que les había gustado mucho la carne de conejos que habían sido alimentados con 10 a 30 % de DDGS en la dieta ($P=0.774$). De los 46 panelistas, 21 opinaron que les gustó y 7 opinaron que les gustó mucho la carne de conejo alimentado sin DDGS, sin que las diferencias entre tratamientos fueran significativas ($P=0.774$; Cuadro 4). La proporción de panelistas a los que no les gustó la carne de conejo fue menor al 11 % sin que se registraran diferencias entre tratamientos ($P=0.717$). En general, la mayoría de los panelistas expresaron que les gustó la carne de conejo con o sin DDGS, lo cual representa un nicho potencial para ser explorado con más detalle, sobre todo considerando que en el área de influencia donde se llevó a cabo la evaluación sensorial, no es habitual el consumo de carne de conejo.

Entre el 45 y el 56 % de los 46 panelistas opinaron que la carne que recibieron a evaluar fue suave o muy suave, sin que las diferencias entre tratamientos fueran significativas ($P>0.05$). Entre 15 y 24 % de los panelistas (Cuadro 4) opinaron que la carne de los cuatro

tratamientos ($P=0.711$) fue de textura media (ni suave ni firme). Igualmente, sin detectar diferencias entre tratamientos ($P=0.367$), 19 a 35 % de los 46 panelistas definieron la carne de conejo con textura firme. Una proporción de los panelistas menor a 9 % describió la textura de la carne de conejo como muy firme, y las diferencias entre tratamientos fueron no significativas ($P=0.414$).

En general, los panelistas evaluadores expresaron opiniones diferenciadas de grados de aceptación de las muestras de carne de conejo en las diversas categorías de cualidades sensoriales que se les pidió evaluar. El análisis sensorial realizado en el presente experimento corresponde al método de evaluación sensorial conocido como Test afectivo⁽²⁶⁾, cuyo objetivo principal consiste en que un grupo de consumidores o potenciales consumidores expresan su respuesta personal de evaluación relativa de un producto, de entre varios de ellos puestos a evaluación. En este caso era importante conocer la opinión de este equipo de panelistas potenciales consumidores de carne de conejo, sobre eventuales diferencias en la evaluación sensorial de carne de conejos alimentados con diferentes niveles de DDGS en la dieta.

En el presente trabajo se propuso tener una base amplia de 46 panelistas que evaluaron la calidad de la carne de conejos alimentados con diferentes dietas. Otra posibilidad hubiera sido la de tener un panel de, generalmente entre 8 y 10 evaluadores entrenados, para evaluar la calidad de la carne de conejos alimentados con diferentes dietas experimentales. Martínez-Alvaro y Hernández⁽³⁵⁾ describieron el equipamiento y la metodología de entrenamiento de panelistas que emplearon para llevar a cabo la evaluación sensorial de carne de conejo. Sin embargo, los evaluadores entrenados tampoco pudieron detectar diferencias ($P>0.900$) entre las muestras de carne que evaluaron.

No se ha informado en la literatura sobre estudios de análisis sensorial en conejos alimentados con DDGS; sin embargo, estudios realizados en cerdos, por McClelland *et al*⁽³⁶⁾ manifiestan que no hay efecto negativo en los atributos sensoriales de la carne de cerdo con la inclusión de diferentes niveles de DDGS en la dieta, lo cual coincide con los resultados obtenidos en esta investigación en conejos.

La determinación del color en las carnes representa un importante factor de calidad. En el Cuadro 5 se muestran los parámetros de color (coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^*) determinados en el músculo *Longissimus dorsi* de los conejos en estudio. No se encontraron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$) para las coordenadas cromáticas L^* y a^* , pero sí hubo diferencias ($P<0.05$) en la coordenada cromática b^* , siendo ésta mayor en la carne de los conejos alimentados con DDGS, sin que haya habido diferencias entre los niveles de DDGS (10, 20 y 30 %) adicionados a la dieta, lo que indica que el músculo *Longissimus dorsi* de estos conejos fue el que presentó mayor intensidad del color amarillo. Esto pudo deberse a los pigmentos carotenoides, responsables del color amarillo del grano de maíz contenidos mayor cantidad en las dietas adicionadas con DDGS⁽³⁷⁾ que en la dieta control. Alagón *et al*⁽²⁰⁾ determinaron el color de la canal y de la carne de

músculo *Longissimus dorsi* de conejos alimentados con DDGS de diferentes tipos (cebada, trigo, maíz) y concluyeron que no había diferencias en el color de las canales. En el caso de la superficie perpendicular de la carne del músculo *Longissimus dorsi*, se determinó que solamente los conejos alimentados con DDGS de trigo a nivel de 20 %, tuvieron un incremento del valor de *a* (rojos), mientras que los otros tratamientos de tipo (cebada, trigo y maíz) y el nivel de DDGS en la dieta (0, 20 y 40 %) tuvieron valores similares de los componentes de color (*L*, *a*, *b*)⁽²⁰⁾. Valores similares de *L** indican que la carne proveniente de los conejos alimentados con las cuatro dietas en estudio presenta similar claridad. Pla *et al*⁽³⁸⁾ plantean que la carne de conejo tiene una luminosidad elevada ($L^* > 50$) por lo que podemos inferir que los valores obtenidos en este estudio (L^* de 59.42 a 62.23) se encuentran dentro del rango reportado en la literatura para la carne de conejo. Igualmente, indican que la carne evaluada debe ser considerada pálida, ya que Hulot y Ouhayoun⁽³⁹⁾ plantean que valores de *L** mayores a 52 en carnes de conejo son indicativos de carnes pálidas. En el caso de los participantes en el panel de evaluación sensorial (Cuadro 4), la mayoría de ellos plantearon que la carne de conejo tenía color pálido o ni pálido ni fuerte.

La variable de fuerza al corte (Cuadro 5) tuvo valores numéricos mayores para la carne de conejos alimentados con mayor proporción de DDGS en la dieta, sin embargo no se encontraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$) en los valores de fuerza al corte, los cuales son ligeramente mayores a los reportados (2.9 a 3.5 kg/cm²) por Gondret *et al*⁽²²⁾. Esto indica que la carne evaluada en el presente estudio fue un poco más dura; probablemente debido a la edad al sacrificio (96 días), mientras que en el estudio de Gondret *et al*⁽²²⁾ los conejos se sacrificaron a los 63 días de edad. Al respecto, Bailey y Light⁽⁴⁰⁾ plantean que de un animal de mayor edad se obtiene carne más dura que de un animal joven, debido principalmente al incremento en la cantidad y características de su tejido conectivo. La evaluación de la textura de la carne de conejo que se llevó a cabo con el texturómetro generó información equivalente a la obtenida con la evaluación sensorial, y en ambos casos, las diferencias de textura de la carne no alcanzaron nivel de significancia entre los tratamientos dietarios. No existen en la literatura estudios de textura en carnes de conejos alimentados con DDGS; sin embargo, en cerdos en finalización Whitney *et al*⁽⁴¹⁾ incluyeron hasta 20 % de DDGS, sin haber registrado la afectación de la fuerza de corte de chuletas de lomo cocido, y sin haber tenido efectos negativos sobre la calidad de la carne. Otro estudio⁽⁴²⁾ en el que incluyeron 10 y 20 % de DDGS a la dieta de cerdos en crecimiento-finalización, la fuerza de corte ni la palatabilidad general del tocino y de las chuletas de cerdo se vieron afectadas, lo cual coincide con los resultados de esta investigación.

Cuadro 5: Valor de las coordenadas cromáticas L^* , a^* y b^* y fuerza al corte en el músculo *Longissimus dorsi* de conejos alimentados con diferentes niveles de DDGS

Indicador	Niveles de DDGS (%)				EE (\pm)	P
	0	10	20	30		
L^*	60.37	60.51	59.42	62.23	1.44	0.5904
a^*	8.79	8.58	6.75	8.22	0.82	0.3237
b^*	9.68 ^a	11.77 ^b	12.17 ^b	12.22 ^b	0.56	0.0157
Fuerza al corte (kg/cm ²)	3.25	3.50	3.65	3.88	0.35	0.637

^{a,b} Medias con letras diferentes en cada fila difieren ($P < 0.05$).

Conclusiones e implicaciones

Los resultados del presente trabajo revelan que la inclusión de hasta 30 % de DDGS en la dieta de conejos, no afecta las características de la canal ni de la carne de los conejos. La inclusión de este subproducto podría ser una alternativa interesante para la alimentación de conejos en crecimiento. La carne de conejo evaluada presenta características organolépticas favorables para su aprovechamiento para consumo humano. Sin embargo, se requiere mayor promoción para que los consumidores del área de estudio acepten su sabor.

Literatura citada:

1. ISO (International Sugar Organisation). 2012. Perspectivas para la industria mundial del bioetanol hasta 2020. http://www.sugaronline.com/shop_products/view/52610 Consultado Jun 15, 2015.
2. USDA (United States Department of Agriculture). 2011. USDA Agricultural Projections to 2020. Washington, D.C., USA. <http://www.ers.usda.gov/publications/oce-usda-agricultural-projections/oce-111.aspx> Consultado Mar 15, 2015.
3. OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2011-2020, OECD Publishing y FAO. 2011. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-es Consultado Jun 15, 2015.
4. De Paula G, Lorenzo C. Inseguridad energética y gestión de recursos naturales estratégicos: análisis de la política de biocombustibles en Argentina en el contexto global. UNISCI Discussion Papers 2009;(20):60-77.
5. FAO. Biofuel co-products as livestock feed. Opportunities and challenges. 2012. <http://www.fao.org/docrep/016/i3009e/i3009e.pdf>: Consultado Jun 18, 2015.

6. Wu F. Growth performance, carcass composition, and pork fat quality of growing-finishing pigs fed distillers dried grains with solubles (DDGS) with variable oil and energy content, and prediction of metabolizable and net energy [Master thesis]. Saint Paul, Minnesota, USA: University of Minnesota 2015.
7. SAGARPA. Impulsa SAGARPA proyecto de bioetanol para reducir 35 por ciento emisiones contaminantes. 2017. 29 Abril 2017. <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/impulsa-sagarpa-proyecto-de-bioetanol-para-reducir-35-por-ciento-emisiones-contaminantes?idiom=es> Consultado May 20, 2018.
8. US Grains Council. Buying & Selling DDGS. 2018. <https://grains.org/buying-selling/ddgs/> Consultado May 20, 2018.
9. FAO. Biofuel coproducts as livestock feed - Opportunities and challenges, Technical Summary 2014. <http://www.fao.org/docrep/019/i3650e/i3650e.pdf>. Consultado Jun 15, 2015.
10. Jung B, Mitchell RD, Batal AB. Evaluation of the use of feeding distillers dried grains with solubles in combination with canola meal on broiler performance and carcass characteristics. *J Appl Poult Res* 2012;21(4):776-787.
11. Guney AC, Shim MY, Batal AB, Dale NM, Pesti GM. Effect of feeding low-oil distillers dried grains with solubles on the performance of broilers. *Poultry Sci* 2013;(92):2070-2076.
12. Bernal BH, Vázquez PY, Valdivie NMI, Hernández MCA, Cerrillo SMA, Juárez RAS, Gutiérrez OE. Substitution of sorghum and soybean by distillers dried with solubles in diets for fattening rabbits [abstract]. *J Anim Sci* 2010; 88(E-Suppl 2):368.
13. Soliman AZM, Ahmed FG, El-Manylawi MAF, Abd-El-Ghany FTF. Effect of corn distiller's dried grains with soluble (DDGS) on growing rabbit performance. *Egypt J Rabbit Sci* 2010;(20):31-48.
14. Youssef WA, El-Magid SSA, El-Gawad AHA, El-Daly EF, Ali HM. Effect of inclusion of distillers dried grains whit solubles (DDGS) on the productive performance of growing rabbits. *American-Eurasian J Agric Environ Sci* 2012;(12):321-326.
15. Vázquez PY, Bernal, BH, Valdivié, NMI, Gutiérrez OE, Mora, LM, Hernández MCA, Juárez A, Cerrillo MA. Use of dehydrated distillery grains with solubles in diets for fattening Rabbits. *Cuban J Agric Sci* 2013;17(1):45-49.
16. Alagón G, Arce ON, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Pascual JJ, Cervera C. Digestible value of two rabbit feedstuffs in two climatic environments. X World Rabbit Congress. Sharm El- Sheikh, Egypt. 2012:1025.
17. Alagón G, Arce ON, Martínez-Paredes E, Ródenas L, Cervera C, Pascual JJ. Effect of inclusion of distillers dried grains and soluble from barley, wheat and corn in

isonutritive diets on the performance and caecal environment of growing rabbits. *World Rabbit Sci* 2014;22:195-205.

18. Liñán MA. Efecto de la adición de granos secos de destilería con solubles (DDGS) y enzimas hemicelulasa y glucanasa sobre la composición de la canal y calidad de la carne de conejos [tesis]. Aramberri, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León; 2012.

19. Mohamed KHA, Osman AMA, Soliman MAH, Toson EMA. Using dried distillers grains with solubles (DDGS) byproduct in fattening rabbit diets. *Egyptian Poultry Sci J* 2013;33(4):695-702.

20. Alagón G, Arce O, Serrano P, Ródenas L, Martínez-Paredes E, Cervera C, et al. Effect of feeding diets containing barley, wheat and corn distillers dried grains with solubles on carcass traits and meat quality in growing rabbits. *Meat Sci* 2015;(101):56–62.

21. Close B, Banister K, Baumans V, María EB, Bromage N, Bunyan J, et al. Recommendations for euthanasia of experimental animals: Part 2. *Lab Anim* 1997;31(1):1-32.

22. Gondret F, Larzul C, Combes S, Rochambeau de H. Carcass composition. Bone mechanical properties and meat quality traits in relation to growth rate in rabbits. *J Anim Sci* 2005;83(7):1526-1535.

23. Blasco A, Ouhayoun J, Masoero G. Status of rabbit meat and carcass: Criteria and terminology. *Options Méditerranéennes-Série Séminaires* 1992; (17):105-120.

24. CIE. International Commission on Illumination, recommendations on uniform color spaces, color, difference equations, psychometric color terms. CIE publication. Bureau Central de la CIE, Paris, France. 1976.

25. Honikel KO. Reference methods supported by OECD and their use in Mediterranean meat products. *Food Chemistry* 1997;59(4):573-582.

26. Deliza R, Abreu Glória MB. Sensory perception. In: Nollet LML and Toldrá F editors. *Sensory analysis of food of animal origin*. USA: CRC Press; 2011:61-86.

27. Mariezcurrena-Berasain MA, Braña-Varela D, Mariezcurrena-Berasain MD, Domínguez-Vara IA, Méndez-Medina D, Rubio-Lozano MS. Características químicas y sensoriales de la carne de cerdo, en función del consumo de dietas con ractopamina y diferentes concentraciones de lisina. *Rev Mex Cienc Pecu* 2012;3(4):427-437.

28. Nute GR. Sensory descriptors. In: Nollet LML, Toldrá F editors. *Sensory analysis of food of animal origin*. USA: CRC Press; 2011:49-60.

29. StatSoft, Inc. STATISTICA (data analysis software system), versión 7. 2003.

30. Levene H. Robust tests for the equality of variance. Contributions to probability and statistics. USA: Stanford University Press; 1960.
31. Shapiro S, Wilk B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 1965;52(3-4):591-611.
32. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. *InfoStat, Software Estadístico. Manual de Usuario. Versión 2012*, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina; 2012.
33. Duncan B. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 1955;11:1-42.
34. Lima PJDO, Watanabe PH, Candido RC, Ferreira ACS, Vieira AV, Rodrigues BBV, Nascimento GAJ, Freitas ER. Dried brewers grains in growing rabbits: nutritional value and effects on performance. *World Rabbit Sci* 2017;25:251-260.
35. Martínez AM, Hernández P. Evaluation of the sensory attributes along rabbit loin by a trained panel. *World Rabbit Sci* 2018;26:43-48.
36. McClelland KM, Rentfrow G, Cromwell GL, Lindemann MD, Azain MJ. Effects of corn distillers dried grains with solubles on quality traits of pork. *J Anim Sci* 2012;90(11):4148-4156
37. Salinas MY, Saavedra AS, Espinosa TE. Physicochemical characteristics and carotenoid content in yellow corn (*Zea mays* L.) grown in the state of Mexico. *Agric Téc Méx* 2008;34(3):357-364.
38. Pla M, Hernández P, Blasco A. The colour of rabbit carcasses and meat. *Meat Focus International* 1995;4(5):181-183.
39. Hulot F, Ouhayoun J. Muscular pH and related traits in rabbits: A review. *World Rabbit Sci* 1999;7(1):15-36.
40. Bailey AJ, Light ND. The role of connective tissue in determining the textural quality of meat. In: *Connective tissue in meat and meat products*. London, UK: Elsevier Applied Science; 1989.
41. Whitney MH, Shurson GC, Guedes RC. Effect of including distillers dried grains with solubles in the diet, with or without antimicrobial regimen, on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J Anim Sci* 2006;84(7):1870-1879.
42. Widmer MR, McGinnis L.M, Wulf DM, Stein HH. Effects of feeding distillers dried grains with soluble, high-protein distillers dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *J Anim Sci* 2008;86(8):1819-1831.