


Impacto económico y productivo de una mezcla herbal con derivados de colina en la producción de conejos



Minerva Jaurez-Espinosa ^a

Pedro Abel Hernández-García ^b

Amada Isabel Osorio-Terán ^b

Germán David Mendoza-Martínez ^c

Juan José Ojeda-Carrasco ^b

María Zamira Tapia-Rodríguez ^b

Enrique Espinosa-Ayala ^{b*}

^a Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Amecameca. Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. México.

^b Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Amecameca, km 2.5 carretera Amecameca - Ayapango, 56900, Amecameca, Estado de México. México.

^c Universidad Autónoma Metropolitana–Xochimilco. Departamento Producción Agrícola y Animal. Cd. de México, México.

* Autor de correspondencia: enresaya1@hotmail.com; eespinosaa@uaemex.mx

Resumen:

El uso, así como el efecto productivo y económico de compuestos herbales en producción cunícola ha sido poco estudiado, por tal motivo el objetivo fue evaluar el efecto de una mezcla polihierbal rica en conjugados de colina a base de *Trachyspermum ammi*, *Achyranthes aspera*, *Azadirachta indica* y *Citrullus colocynthis*, sobre la respuesta económica y productiva de conejos para carne. Para lo cual se utilizaron 40 conejos Nueva Zelanda X California (30 días de edad), los cuales fueron aleatorizados en cinco grupos (0.0, 200, 400, 600 y 800 mg kg⁻¹ de MS polihierbal, BioCholina[®]), el experimento tuvo una duración de 34 días. Se evaluó la

respuesta productiva, calidad de la carne e indicadores económicos. Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo de polinomios ortogonales para determinar efectos lineales y cuadráticos, con un nivel de significancia de $P < 0.05$. Los resultados en cuanto a los parámetros productivos fueron similares entre tratamientos, excepto consumo de alimento ($P=0.006$) y conversión alimenticia ($P=0.005$) con un efecto linealmente a mayor concentración del polihierbal. La inclusión del polihierbal incrementó pH en carne (lineal, $P=0.004$) y coordenada b^* (lineal, $P=0.009$), se observó que el tratamiento con 200 mg presentó los mejores indicadores económicos mejorando en 9 unidades porcentuales la razón ingresos-egresos. Se concluye que la adición de mezclas poliherbales a base de conjugado de colina natural no mejoró las variables productivas, sin embargo, se marca una tendencia económica favorable con la adición de 200 mg kg^{-1} de MS.

Palabras clave: Análisis económico, Conjugados de colina, Fitoaditivos, Nutraceuticos, Calidad carne.

Recibido: 10/02/2021

Aceptado: 26/04/2021

Introducción

La producción animal presenta retos productivos y económicos que deben ser atendidos mediante métodos y técnicas que no representen riesgos a la salud, es por ello que se plantea el uso de aditivos naturales considerados fitobióticos (fitogénicos) que se puedan incluir en la dieta de animales en producción⁽¹⁾, con la intención de mejorar el rendimiento productivo, calidad de la canal y generen indicadores económicos aceptables⁽²⁾. Dentro de estos aditivos se incluyen las hierbas, aceites esenciales y extractos⁽³⁾, los cuales contienen compuestos bioactivos (metabolitos secundarios) como alcaloides, fenoles, terpenoides, esteroides, taninos, saponinas, compuestos fenólicos (flavonoides, flavones, isoflavones), antocianinas, lignanos, estilbenos, cumarinos, carotenoides (tetraterpenos), quinonas, entre otros⁽⁴⁾. Dichos metabolitos ejercen diversas funciones como, agentes antimicrobianos, antiparasitarios, antioxidantes, inmunoestimulantes⁽⁵⁾, antifúngicos, antiinflamatorios, antiulcerosos, antivirales, anticancerígenos y en producción animal se comportan como estimulantes del apetito y promotores del crecimiento⁽⁶⁾, ya que pueden actuar sobre el metabolismo de la microbiota intestinal, inhibiendo la replicación de microorganismos patógenos específicos, así como también estimular la producción de enzimas digestivas endógenas, que benefician la salud^(7,8).

Existen diversos reportes donde se demuestra el uso de mezclas herbales ricas en derivados de colina en producción animal, donde se ha evaluado la respuesta en la función hepática y

productiva en pollos de engorda⁽⁹⁾, el impacto sobre fermentación ruminal en corderos^(8,10), estrés oxidativo y cambios bioquímicos en vacas lecheras⁽¹¹⁾, expresión genética y efecto inmunoestimulante en becerras⁽¹⁾, analitos sanguíneos en corderos como indicadores del metabolismo lipídico⁽¹²⁾.

Los derivados de colina (conjugada) son nutrientes esenciales para crecimiento y rendimiento productivo de los animales; esto debido a que la colina interviene en diversas funciones celulares. Las formas utilizables de colina son la fosfatidilcolina, lisofosfatidilcolina y esfingomielina, que son solubles en lípidos (componentes de todas las membranas celulares y tienen un papel central en el metabolismo de los lípidos y la señalización celular), la colina libre y los metabolitos de colina, acetilcolina (ACh), betaína, glicerofosfocolina y fosfocolina que son solubles en agua⁽¹³⁾; así mismo, actúa como donante del grupo metilo, después de oxidarse a betaína, para convertir la homocisteína en metionina en la vía de transmetilación en el hígado para evitar la acumulación de grasa⁽¹⁴⁾.

Debido a las múltiples funciones y beneficios, la colina natural es una alternativa para la producción animal como aditivo ante la utilización de cloruro de colina sintético u otras aditivos con efectos secundarios y altos costos de la adición⁽¹⁵⁾, por tal motivo, la mezcla polihierbal Biocholine® (fuente de fosfatidilcolina de baja higroscopicidad) integrado por las plantas *Trachyspermum ammi*, *Achyranthes aspera*, *Azadirachta indica*, *Citrullus colocynthis* y *Andrographis paniculata*⁽¹⁶⁾ puede ser una alternativa productiva y económicamente rentable. Es por ello que el objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto económico y productivo de la adición de una mezcla polihierbal en conjugados de colina adicionada a la dieta de conejos.

Material y métodos

Animales y dieta

La investigación se condujo bajo los lineamientos aprobados por el Comité Académico del Departamento de Ciencia Animal de Ética, Bioseguridad y Bienestar Animal del Centro Universitario UAEM Amecameca de la Universidad Autónoma del Estado de México. El experimento se condujo en el área metabólica cunícola.

Se utilizaron 40 gazapos destetados (30 días de edad), raza California X Nueva Zelanda (506.52 ± 120.47 g), los cuales se asignaron en jaulas individuales en cinco tratamientos (n= 8); con niveles de adición de la mezcla polihierbal a 0.0, 200, 400, 600 y 800 mg kg⁻¹ de materia seca (MS) (BioCholina Powder®, Technofeed México), aditivo compuesto por *Trachyspermum ammi*, *Achyranthes aspera*, *Azadirachta indica*, *Citrullus colocynthis* y *Andrographis paniculata*, la cual contiene 16 g kg⁻¹ de conjugados totales de colina⁽¹⁶⁾,

siendo los cinco grupos homogéneos en cuanto al peso, el cual fue considerado como peso inicial ($P>0.05$).

La dieta experimental se formuló para cumplir con los requerimientos nutricionales de conejos en engorda⁽¹⁷⁾ (Cuadro 1), sin embargo, los requerimientos de colina se mantuvieron por debajo ($1,130 \text{ mg kg}^{-1}$). La fórmula polihierbal se adicionó al alimento balanceado formulado, se mezcló y posteriormente se pelletizó para ofrecerlo a los conejos *ad libitum*, al igual que el agua limpia y potable. El experimento duró 34 días, con siete días de adaptación, las dietas de los tratamientos fueron isoenergéticas e isoproteicas.

Se determinaron las siguientes variables productivas, peso inicial (0d), peso final (34d) y ganancia diaria de peso, así como el registro del alimento ofrecido y rechazado, para obtener consumo voluntario en base húmeda y su posterior ajuste a materia seca; además se obtuvo la conversión alimenticia (kilos de alimento para obtener un kilogramo de peso vivo).

Cuadro 1: Ingredientes (g kg^{-1}), mezcla polihierbal (mg kg^{-1} de alimento) y composición química de las dietas experimentales

Ingredientes	Mezcla polihierbal (mg kg^{-1} MS)				
	Testigo	200	400	600	800
Salvado de trigo	33	33	33	33	33
Maíz en grano	19	19	19	19	19
Heno de avena	19	19	19	19	19
Pasta de soya (44% CP)	17	17	17	17	17
Heno de alfalfa	9	9	9	9	9
Aceite vegetal	2	2	2	2	2
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1	1	1	1	1
Mezcla polihierbal	0.0	200	400	600	800
Proteína cruda, %	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
Energía digestible, Mcal kg^{-1} MS	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85
Fibra cruda, %	12.6	12	12	12	12
Fibra neutro detergente, %	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3
Fibra ácido detergente, %	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9
Colina, mg kg^{-1} MS	1127	1130	1133.2	1136.4	1139.6

NCR, 1977.

Recolección y análisis de muestras

A los 65 días de edad de los conejos se realizó la matanza, con previo ayuno de 24 h. El manejo de las canales fue siguiendo la metodología propuesta por Peiretti y Mineri⁽¹⁸⁾. Durante la matanza se registró el peso de la canal caliente, del tracto gastrointestinal incluyendo bazo y tejido mesentérico, hígado y riñones (órganos abdominales), además de corazón y pulmones (torácicos). Las canales se almacenaron a 4 °C por 24 h y se pesaron nuevamente para obtener peso de la canal fría; para realizar las medidas de calidad de carne se diseccionó el músculo *Longissimus dorsi* en su porción lumbar⁽¹⁹⁾.

Calidad de carne

Los análisis se realizaron en el músculo *Longissimus dorsi* a las 24 h *postmortem*; las mediciones se realizaron por duplicado en cada una de las variables. El pH se tomó al nivel de la 5ª vértebra lumbar con un potenciómetro de penetración (Hanna instruments H199163)⁽²⁰⁾. Las mediciones de color se tomaron con un colorímetro (Konica Minolta, tricromático) y las lecturas se reportaron como: L^* (luminosidad), a^* (rojo), b^* (amarillo), se utilizaron para obtener C^* (croma) y H^* (Hue)⁽²¹⁾. La capacidad de retención de agua (CRA) se realizó a través de pérdida de agua por goteo y por presión⁽²²⁾ y también la pérdida de agua por cocción⁽²³⁾.

Para determinar el impacto económico se consideró el costo de gazapo, costo de cada ingrediente de la dieta, incluyendo la mezcla herbal por dosis de tratamiento, con precios del año 2020; todos estos como egresos de la actividad. Para los ingresos se calculó con base en el mercado local el precio de venta de animales en pie y canal; una vez obtenidos los ingresos y egresos se obtuvo la utilidad (ingresos–egresos) en pie, en canal caliente y fría; finalmente se calcularon las razones ingresos egresos (ingresos-egresos) la cual permitió conocer la tasa de retorno en unidades porcentuales, donde se indica que una tasa ingresos-egresos inferior a 1 representa pérdidas, igual a 1 indica que no hubo utilidades, mientras que tasa mayores a 1 son indicativas de utilidades. Todos los valores económicos se indican en dólares estadounidense a un tipo de cambio de \$1USD a \$20.03MX con fecha del 10 de febrero de 2021.

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron con un diseño completamente al azar, utilizando el software R⁽²⁴⁾, empleando peso inicial como co-variable para las variables productivas y utilizaron polinomios ortogonales para obtener efectos lineales y cuadráticos para evaluar los efectos del aditivo polihierbal⁽²⁵⁾ con un nivel de significancia $P < 0.05$.

Resultados

La adición de la mezcla polihierbal, no mostró efectos significativos ($P>0.05$) en peso final, ganancia diaria de peso, peso de canal caliente y fría (Cuadro 2). En contraste, se observa un efecto lineal en el consumo de alimento ($P=0.006$) y conversión alimenticia ($P=0.005$).

Cuadro 2: Prueba productiva y características de la canal de conejos adicionados con una mezcla polihierbal (g)

Item	Mezcla polihierbal (mg kg ⁻¹ MS)					EEM	P-valor	
	0.0	200	400	600	800		Lineal	Cuadrático
Peso inicial	513.0	516.5	513.8	498.0	481.1	25.92	0.52	0.71
Peso final *	1444.3	1505.5	1461.5	1443.6	1429.3	38.25	0.44	0.38
Ganancia diaria de peso	27.7	30.0	28.3	27.2	26.3	1.85	0.32	0.41
Consumo alimento *	82.9	87.6	88.6	89.3	91.1	3.22	0.006	0.55
Conversión alimenticia	3.01	2.97	3.18	3.2	3.4	0.12	0.005	0.52
Peso canal caliente *	777.3	845.6	794.4	773.1	769.6	59.51	0.63	0.61
Peso canal fría *	749.7	816.1	764.7	743.0	739.7	58.88	0.61	0.62
Tracto gastrointestinal	340.2	338.5	348.0	335.5	288.7	26.29	0.14	0.19
Corazón y pulmones	22.5	20.7	23.1	22.7	20.8	2.17	0.84	0.70
Hígado	35.5	35.5	39.0	35.8	35.2	2.24	0.68	0.21
Riñones	12.6	12.6	13.0	12.7	12.5	0.92	0.95	0.75

EEM= error estándar de la media.

* El peso inicial se consideró como co-variable ($P<0.05$)

Con respecto al peso de la canal caliente y fría, así como de peso del tracto gastrointestinal, hígado, riñones y órganos torácicas (corazón y pulmones) no se observó efecto significativo ($P>0.05$).

Los resultados sobre calidad de la carne se presentan en el Cuadro 3, en donde se puede observar que el pH mostró un efecto lineal ($P=0.004$) y cuadrático ($P=0.009$) en los grupos adicionados con la mezcla polihierbal.

En cuanto a las coordenadas tricromáticas de la carne, no se observaron efectos ($P>0.05$) en L^* , a^* y ángulo Hue, no así para b^* y croma que presentaron efecto lineal ($P= 0.009$ y 0.03), en la capacidad de retención de agua no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$).

Cuadro 3: Características de calidad del músculo *Longissimus dorsi* obtenido de conejos alimentados con una mezcla polihierbal

Item	Mezcla polihierbal (mg kg ⁻¹ MS)					EEM	P-valor	
	0	200	400	600	800		Lin	Cuad
pH	5.5	5.6	5.8	5.6	5.8	0.06	0.004	0.09
L^*	51.3	54.3	51.9	57.0	53.5	1.45	0.12	0.31
a^*	3.8	4.2	4.0	4.3	4.8	0.53	0.20	0.74
b^*	3.0	4.3	3.5	4.7	4.6	0.42	0.009	0.59
Croma	4.9	6.1	5.4	6.4	6.7	0.58	0.03	0.99
Ángulo Hue	180.6	180.7	180.7	180.8	180.7	0.063	0.13	0.22
Pérdida por goteo, %	3.7	3.5	3.8	4.0	3.9	0.016	0.15	0.99
Pérdida por cocción, %	33.9	34.9	33.6	34.4	34.1	0.002	0.39	0.50
Pérdida por presión, %	20.3	17.5	20.9	20.0	20.0	0.000	0.86	0.81

EEM= error estándar de la media; Lin= lineal, Cuad= cuadrático.

L^* : luminosidad; a^* : tiende a rojo; b^* : tiende a amarillo

En el análisis económico (Cuadro 4) se observó incremento de costos a medida que aumentaba la adición de la mezcla polihierbal, tanto en costos por alimento como por animal, encontrando en el tratamiento testigo los menores costos, esto derivado del costo del aditivo. En cuanto a ingresos por animal vivo, en canal caliente y fría, se obtuvo que el tratamiento con adición de 200 mg kg⁻¹ presentaron mayores ingresos, situación que se relaciona con la respuesta productiva, ya que en este grupo fue el de mayor peso.

Con respecto a la utilidad y la razón ingresos egresos, se observó que la adición de 200 mg kg⁻¹ se obtiene el máximo valor, alcanzando la mayor rentabilidad en la canal fría, siendo

esta de 1.38 (por cada unidad de egreso se recupera la unidad y se obtiene una utilidad de 0.38 unidades).

Cuadro 4: Análisis económico de conejos alimentados con una mezcla polihierbal

Ítem	Mezcla polihierbal (mg kg ⁻¹ MS)				
	0	200	400	600	800
Costo alimento, \$	0.7688	0.8152	0.8272	0.8362	0.8557
Costo por animal, \$	2.7658	2.8122	2.8242	2.8332	2.8527
Ingresos por animal en pie, \$	3.2755	3.4767	3.3180	3.2026	3.0908
Ingresos por canal caliente, \$	3.4927	3.7993	3.5696	3.4737	3.4578
Ingresos por canal fría, \$	3.5556	3.8706	3.6270	3.5242	3.5082
Utilidad por animal en pie, \$	0.5097	0.6645	0.4937	0.3694	0.2381
Utilidad canal caliente, \$	0.7264	0.9885	0.7453	0.6405	0.6055
Utilidad canal fría, \$	0.7898	1.0584	0.8027	0.6909	0.6555
Razón ingresos-egresos animal en pie	1.18	1.24	1.17	1.13	1.08
Razón ingresos-egresos canal caliente	1.26	1.35	1.26	1.23	1.21
Razón ingresos-egresos canal fría	1.29	1.38	1.28	1.24	1.23

Discusión

Respuesta productiva

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se presentaron efectos significativos sobre consumo de alimento y ganancia diaria de peso por la adición de mezclas polihierbales, a pesar de que estos aditivos son considerados como aditivos fitogénicos con la característica de estimular la producción de enzimas digestivas como la tripsina y la amilasa, con capacidad para optimizar la absorción de nutrientes y en consecuencia mejorar respuestas productivas y de la canal⁽⁶⁾, sin embargo en este estudio, no se observaron dichos beneficios, situación similar a lo presentado por otros autores⁽¹²⁾, en un estudio realizado en corderos alimentados conjugados de colina a dosis de 0 y 4 g día⁻¹ no se encontró una mejor respuesta en el tratamiento adicionado con respecto al testigo sobre peso final (28.63 – 28.68 kg) ni ganancia diaria de peso (106.44 – 107.98 kg). Del mismo modo en dos trabajos realizados en conejos empleando diversas plantas no observaron mejoras en los parámetros productivos a pesar de

ser plantas ricas en metabolitos secundarios^(26,27), ya que se refiere que los metabolitos presentes no son suficientes para modificar la microbiota ni las condiciones del tracto gastrointestinal.

Por otro lado, la relación entre conversión alimenticia y el aumento de peso, no se vieron afectados por las dosis de mezclas poliherbales, valores que concuerdan con lo reportado por otro trabajo⁽¹⁰⁾, investigación en la que se presentó efecto lineal ($P=0.07$) en conversión pero no así en ganancia de peso ($P>0.10$) en corderos en crecimiento, utilizando una fórmula polih herbal, así como también en los resultados de Selvam *et al*⁽²⁸⁾ en pollos alimentados con una mezcla herbal (0.0, 500 y 1,000 g⁻¹ t⁻¹ de alimento) y obtener valores en tratamiento testigo de 1.58 y los grupos de adición de 1.47 y 1.48.

La adición de mezclas polih herbales mostró un efecto positivo sobre las variables de consumo alimenticio y ganancia diaria de peso, ya que los conejos con el peso corporal más bajo se encontraron en el grupo testigo (27.7 g día⁻¹), el cual es deficiente en colina con 1,130 mg día⁻¹, cuando el requerimiento mínimo es de 1,130 mg kg⁻¹ MS. Al respecto investigaciones donde han inducido experimentalmente la deficiencia de colina, han observado retardo en el crecimiento, anemia, distrofia muscular y muerte⁽²⁹⁾, situación que se confirma en este experimento.

Si bien el mecanismo activo de cloruro de colina aún no está claro, el exceso de colina ha mostrado afectar de manera negativa el rendimiento animal; una de las hipótesis que pueden explicar los resultados obtenidos es que al sobrepasar la capacidad de metabolizar la colina a nivel celular, se produce una acumulación de fosfocolina, situación que podría estar ocurriendo en los tratamientos con 600 y 800 mg (27.2 y 26.3 g día⁻¹ respectivamente) que están sobre el requerimiento necesario para conejos en esta etapa de crecimiento⁽¹⁶⁾.

Un experimento realizado en codornices a dosis de 1,000, 1,500, 2,000 y 2,500 mg kg⁻¹ de colina mostraron una mayor ganancia de peso entre los días 7 al 21 de edad (1.95, 2.10, 2.98, 2.48 g), así como una mejor conversión (5.29, 5.44, 3.68, 4.35); tal situación contrasta con lo observado en la presente investigación, probablemente a que la adición de mezclas polih herbales pudo haber modificado la fisiología digestiva, actuando sobre el microbioma cecal, ya que el sistema digestivo del conejo está adaptado a la fermentación de las células epiteliales vegetales en el ciego⁽³⁰⁾, mientras que en las aves no se dan estos procesos de fermentación digestiva.

Si bien en este estudio no se realizaron análisis hematológicos para conocer el funcionamiento hepático por la adición mezclas polih herbales, diversas investigaciones han observado la variación de la respuesta al emplear fórmulas herbales; en una investigación⁽³¹⁾, encontraron que el peso del hígado no tuvo relación en la producción de enzimas específicas (ALT y AST), al no mostrar cambios entre los grupos, cuando se adicionó colina (1,000 mg

kg⁻¹) como agente lipotrópico en pollos en engorda, así mismo⁽⁹⁾ observaron una disminución de las concentraciones séricas de AST, en pollos en engorda alimentados con colina (1 g kg⁻¹) y lectina (0.5 g kg⁻¹). Cabe hacer mención que el uso de diversas plantas interviene en el metabolismo de los lípidos y del colesterol⁽³²⁾, situación que modifica el metabolismo general del animal y por ende la respuesta productiva, es posible que las plantas que integran a la fórmula polihierbal tengan efectos sobre los lípidos y estos a su vez puedan modificar la absorción de nutrientes.

Calidad de la carne

De acuerdo con los resultados obtenidos de pH, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos adicionados con mezclas poliherales en comparación con el testigo ($P<0.05$), al presentar valores que van de 5.5 para el testigo y 5.8 como máximo para los grupos adicionados. Estos resultados concuerdan con lo reportado por otros⁽³³⁾ donde encontraron valores de pH de 5.8 para carne de conejos alimentados con diferentes partes de la planta *Tithonia tubaeformis*. El pH óptimo a las 24 hs *postmortem* para músculos glucolíticos como lo es el músculo *Longissimus dorsi* del conejo, se encuentran entre 5.3 y 6.0⁽³²⁾; este parámetro es uno de los indicadores más importantes para evaluar la calidad de carne, al asociarse con la apariencia, color (reacciones químicas de la mioglobina) y absorción de agua⁽³⁴⁾.

Los parámetros obtenidos de la variable b^* de color de la carne, están por debajo (entre 3 y 4.7) de lo reportado⁽³⁵⁾ en conejos alimentados con flavonoides contenido en alfalfa, a dosis de 0.0, 400, 800, 1,200 mg kg⁻¹ y encontrar valores que oscilan entre 6.1, y 6.6. Así como lo mencionado por Selvam *et al*⁽²⁸⁾ donde reportaron valores de 8.34 y 10.16 para la variable b de conejos alimentados con diferentes partes de la planta *Tithonia tubaeformis*. La coordenada b^* que representa el pigmento amarillo en carne, dicho valor se vio afectado en los tratamientos con la adición de la mezcla polihierbal, lo cual podría deberse a una serie de reacciones de pardeamiento no enzimáticas que ocurren en los productos de oxidación de lípidos y aminas en los grupos de cabeza de fosfolípidos o la amina en la proteína⁽³⁶⁾. Así mismo la presencia de compuestos antioxidantes como fenoles y flavonoides contenidos en las mezclas poliherales podrían ser responsables de las diferencias de color observadas. Los resultados obtenidos en este experimento en cuanto al color, indican una carne con una ligera coloración que tiende a marrón y es no exudativa, situación que no es deseable ya que la carne de conejo es pálida no exudativa⁽³⁷⁾.

En diversos trabajos^(26,27) que involucraron el uso de plantas en la alimentación de conejos, se observó que la incorporación en bajos niveles de plantas con alto potencial antioxidantes y con compuestos fenólicos, no tienen la capacidad de modificar la calidad de la carne,

situación similar a lo reportado en este experimento, esto debido a que los volúmenes adicionados son reducidos.

Impacto económico

La adición de 200 mg kg⁻¹ MS de la fórmula polihierbal generó el mayor peso vivo y la mejor conversión alimenticia en este experimento, tal situación se vio reflejada en los indicadores económicos; al adicionar esta dosis se obtuvieron las mayores utilidades y razones ingresos egresos, ya que se puede indicar que fue la dosis óptima para estos animales. En un estudio⁽³⁸⁾ se observó que la adición de plantas con potencial inmunoestimulante generó beneficios económicos en la producción de conejos, situación similar a lo reportado en esta investigación; tal efecto se puede deber a que las fórmulas polihierbales contienen gran cantidad de metabolitos, y estos generan modificaciones benéficas en el tracto gastrointestinal, o bien en la absorción de nutrientes, situación que genera mejores conversiones alimenticias. En el mismo sentido, en un estudio realizado en ganado lechero se observó que la adición de una fórmula polihierbal rica en colina mejoró los indicadores económicos, debido a que se mejoró la producción de leche y se disminuyó el número de eventos de patologías⁽³⁹⁾.

Conclusiones e implicaciones

La adición de mezclas polihierbales a base de conjugado de colina natural, no mejoró las variables productivas; sin embargo, se marca una tendencia económica favorable con la adición de 200 mg/kg de materia seca, debido a un efecto positivo en la conversión alimenticia. Se recomienda seguir investigando el uso de colina natural en conejos, a dosis menores de 200 mg kg⁻¹, ya que en esta investigación los posibles beneficios se encontraron en este grupo, así como mantener los requerimientos recomendados de la colina para un óptimo almacenamiento de vitaminas, evitar ineficiencias en la absorción o metabolismo dietético, y garantizar el estado fisiológico de los conejos.

Literatura citada:

1. Díaz GC, Méndez OET, Martínez GD, Gloria TA, Hernández GPA, Espinosa AE, *et al.* Influence of a Polyherbal Mixture in Dairy Calves: Growth Performance and Gene Expression. *Front Vet Sci* 2021;7:623710.
2. Madhupriya V, Shamsudeen P, Manohar GR, Senthilkumar S, Soundarapandiyan V, Moorthy M. Phyto feed additives in poultry putrition: A review. *Int J Sci Environ Technol* 2018;7(3):815-822.

3. Salajegheh A, Salarmoini M, Afsharmanesh M, Salajegheh MH. Growth performance, intestinal microflora, and meat quality of broiler chickens fed lavender (*Lavandula angustifolia*) powder. J Liv Sci Technol 2018;6(1):31-38.
4. Irchhaiya DR, Anumalik Y, Nitika G, Swadesh K, Nikhil G, Santosh K, *et al.* Metabolites in plants and its classification. World J Pharmacy Pharmaceut Sci 2015;4(1):287-305.
5. Syahidah A, Saad CR, Daud HM, Abdelhadi YM. Status and potential of herbal applications in aquaculture: A review. Iran J Fisher Sci 2015;14(1):27-44.
6. Dalle-Zotte, A, Celia C, Szendrő Z. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. Livest Sci 2016;189:82-90.
7. Soliman WSED. Trial on using of some herbal extracts as promising immunoprophylaxis feed additives in cultured *Oreochromis niloticus*. Egyp J Vet Sci 2017;48(2):53-60.
8. Razo OPB, Mendoza MGD, Silva GV, Osorio TAI, González SJF, Hernández GPA, *et al.* Polyherbal feed additive for lambs: effects on performance, blood biochemistry and biometry. J Appl Anim Res 2020;48(1):419-424.
9. Khosravinia H, Chethen PS, Umakantha B, Nourmohammadi R. Effects of lipotropic products on productive performance, liver lipid and enzymes activity in broiler chickens. Poultry Sci J 2015;3(2):113-120.
10. Ortega ANI, Mendoza GD, Martínez GJA, Bárcena GR, Buendía RG. Impact of a Polyherbal mixture (*Withania somnifera*, *Ocimum sanctum*, *Tinospora cordifolia* and *Emblica officinalis*) on lamb growth and ruminal fermentation. Int J Agri Biol Sci 2020;32(12):864-870.
11. Koujalagi S, Chhabra S, Randhawa SNS, Singh R, Randhawa CS, Kashyap N. Effect of herbal bio choline supplementation on oxidative stress and biochemical parameters in transition dairy cows. Pharma Innov J 2018;7(4):842-847.
12. Rodríguez-Guerrero V, Lizarazo AC, Ferraro S, Suárez N, Miranda LA, Mendoza GD. Effect of herbal choline and rumen-protected methionine on lamb performance and blood metabolites. S Afri J Anim Sci 2018;48(3):427-434.
13. De Veth MJ, Artegoitia VM, Campagna, SR, Lapierre H, Harte F, Girard CL. Choline absorption and evaluation of bioavailability markers when supplementing choline to lactating dairy cows. J Dairy Sci 2016;99(12):9732-9744.
14. Khose KK, Manwar SJ, Gole MA, Ingole RS, Rathod PR. Efficacy of herbal choline as a replacement of synthetic choline chloride in diets on growth performance of broilers. J Lives Res 2018;8(10):313-322.

15. Calderano AA, Nunes RV, Rodrigueiro RJB, César RA. Replacement of choline chloride by a vegetal source of choline in diets for broilers. *Ciênc Anim Bra* 2015;16(1):37-44.
16. Martínez-Aispuro JA, Mendoza GD, Cordero-Mora JL, Ayala-Monter MA, Sánchez-Torres MT, Figueroa-Velasco JL, Gloria-Trujillo A. Evaluation of an herbal choline feed plant additive in lamb feedlot rations. *Rev Bra Zoot* 2019;48.
17. NRC. Nutrient Requirements of Rabbits. National Academy of Sciences, Washington, DC. 1977.
18. Peiretti PG, Meineri G. Effects on growth performance, carcass characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with chia (*Salvia hispanica* L.) seed supplements. *Meat Sci* 2008;80(4):1116-1121.
19. Blasco A, Ouhayoun J. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci* 1996;4(2):93-100.
20. Hajji H, Joy M, Ripoll G, Smeti S, Mekki I, Gahete FM, Atti N. Meat physicochemical properties, fatty acid profile, lipid oxidation and sensory characteristics from three North African lamb breeds, as influenced by concentrate or pasture finishing diets. *J Food Compos Anal* 2016;48:102-110.
21. Wang W, Chen J, Zhou H, Wang L, Ding S, Wang Y, Li, A. Effects of microencapsulated *Lactobacillus plantarum* and *fructooligosaccharide* on growth performance, blood immune parameters, and intestinal morphology in weaned piglets. *Food Agric Immunol*, 2018;29(1):84-94.
22. Celi P, Cowieson AJ, Fru-Nji F, Steinert RE, Klünter AM, Verlhac V. Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: new opportunities for sustainable animal production. *Anim Feed Sci Tech* 2017;234:88-100.
23. Liu H, Li K, Mingbin L, Zhao J, Xiong B. Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. *Meat Sci* 2016;116:236-242.
24. Mirman D. Growth curve analysis and visualization using R. Chapman & Hall/CRC. The R Series. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. 2014.
25. Steel RG, Torrie JH, Dickey DA. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 2011.
26. Ayala MM, Zepeda BA, Soto SS. Dietary supplementation effects with *Ruta graveolens* on performance, carcass traits and meat quality on rabbits. *Rev Mex Cienc Pecu* 2020; 11(4):1220-1230.

27. Zepeda BA, Martínez MA, Simental SS. Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. Rev Bras Zootec 2019;48.
28. Selvam R, Saravanakumar M, Suresh S, Chandrasekeran CV, Prashanth DS. Evaluation of polyherbal formulation and synthetic choline chloride on choline deficiency model in broilers: implications on zootechnical parameters, serum biochemistry and liver histopathology. Asian-Australasian J Anim Sci 2018;31(11):1795.
29. Halls AE. Nutritional requirements for rabbits. Nutreco Canada Inc. Canada 2010. Accessed Jan 4, 2021 <https://www.researchgate.net/profile/Rana-Al-Difaie/post/What-the-nutrient-requirement-for-rabbit-during-pregnancy/attachment/59d64eb079197b80779a7fc8/AS%3A493952089899008%401494778763533/download/nutritional-requirements-of-rabbits.pdf>.
30. Fortun-Lamothe L, Boullier S. A review on the interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity. Possible ways to improve the health of rabbits. Livestock Sci 2007;107(1):1-18.
31. Javed I, Iqbal Z, Rahman ZU, Khan FH, Muhammad F, Aslam B, Ali L. Comparative antihyperlipidaemic efficacy of *Trachyspermum ammi* extracts in albino rabbits. Pakistan Vet J 2006;26(1):23.
32. Rezaeipour V, Aghayar F, Bozorgnia A, Norozi M, Zakaria H. Effects of feeding strategies and supplemental lipotropic factors on growth performance, ascites-related indices, serum metabolites and meat quality in broiler chickens reared at high altitude. JAPS, J Anim Plant Sci 2019;29(1):25-32.
33. Zepeda BA, Martínez MA, Simental SS. Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. Rev Bras de Zootec 2019;48:1-10.
34. Hulot F, Ouhayoun J. Muscular pH and related traits in rabbits: a review. World Rabbit Sci 1999;7(1).
35. Koziół K, Maj D, Bieniek J. Changes in the color and pH of rabbit meat in the aging process. Med Weter 2015;71(2):104-108.
36. Dabbou S, Gasco L, Rotolo L, Pozzo L, Tong JM, Dong XF, Gai F. Effects of dietary alfalfa flavonoids on the performance, meat quality and lipid oxidation of growing rabbits. Asian-Australasian J Anim Sci 2018;31(2):270.
37. Wang Z, He Z, Li H. The effect of repeated freeze-thaw cycles on the meat quality of rabbit. World Rabbit Sci 2018;26(2):165-177.

38. Pulido HS, Espinosa AE, Hernández GPA, Mendoza MGD. Análisis productivo y económico de la adición de fórmula polihierbal en conejos en finalización. En: Herrera CJ, *et al.* Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México. Ed. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 2018:991-995.
39. Ortega ANI, Mendoza MGD, Bárcena GR, Hernández GPA, Espinosa AE, Martínez GJA, Gloria TA. Economic impact of polyherbal mixtures containing choline, lysine and methionine on milk production and health of dairy cows. *Emirates J Food Agric* 2020;864-870.