

Artículo Original. Septiembre-Diciembre 2017; 7(3):55-62. Recibido: 15/03/2017 Aceptado: 20/07/2017.

<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.73.6>

El 2% de inulina de agave en el alimento del conejo afecta positivamente la digestibilidad y microbiota intestinal

The 2% of agave inulin level in the rabbit feed affects positively the digestibility and gut microbia

Alvarado-Loza Erika ealvaradoloza@hotmail.com, **Orozco-Hernández Rogelio** rorozco@cualtos.udg.mx, **Ruíz-García Idalia** iruiz@cualtos.udg.mx, **Paredes-Ibarra Francisco** isp-paredes@hotmail.com, **Fuentes-Hernández Víctor** vfuentes@cualtos.udg.mx

Cuerpo Académico Sistemas Pecuarios. Departamento de Ciencias Pecuarias y Agrícolas, Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara, México. Autor responsable y de correspondencia: Orozco-Hernández Rogelio. Km 7.5 Carretera Tepatitlán a Yahualica. Código postal 47600. Apartado # 58. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

RESUMEN

Los oligosacáridos de los alimentos actúan como moduladores de la microbiota intestinal y a la vez como fibra no digerible. El *Agave azul tequilana* Weber es una planta que se emplea tradicionalmente para producir tequila, pero actualmente es fuente del fructo-oligosacárido inulina. Dieciocho conejos machos fueron alimentados con concentrado comercial para evaluar el efecto de la adición de tres niveles (0, 1, o 2%) de inulina de agave, en la digestibilidad y población microbiana del intestino. Adicionar la inulina de agave al alimento redujo el consumo e incremento la digestibilidad aparente de los nutrimentos ($p < 0.05$), incluyendo de la energía bruta ($p < 0.05$). En cambio, el consumo de agua de bebida se redujo significativamente ($p < 0.05$). Por otra parte, la cantidad de *E. coli* (UFC/g) en las heces de los conejos se vieron reducidas con la adición de la inulina ($p < 0.05$). En conclusión, el empleo de 2% de inulina de agave en el alimento del conejo, afecta positivamente la digestibilidad y microflora intestinal.

Palabras clave; Inulina de *Agave tequilana*, conejo, digestibilidad, microbiota.

ABSTRACT

Oligosaccharides present in feed act as microflora modulator and nondigestible fiber source. Agave azul tequilana Weber is a plant that is primarily used to produce tequila and as a source of the fructo-oligosaccharide inulin. Eighteen male rabbits nourished with commercial feed were used to assess three levels (0, 1, or 2%) of agave inulin addition, and its impact on digestibility and microbial population of the intestine. The addition of the agave inulin reduced the intake and increased the apparent digestibility of nutrients ($p < 0.05$), except for the energy digestion ($p > 0.05$). Also, water daily intake was significantly reduced ($p < 0.05$). On the other hand, fecal *E. coli* count (UFC/g) was drastically reduced with the addition of the agave inulin in the feed. In conclusion, use of 2% of agave inulin in feed affects positively the rabbit digestibility and reduces the gut microbial population.

Keywords; *Agave tequilana* inulin, rabbit, gut microbial, digestibility

INTRODUCCIÓN

La barrera gastrointestinal formada de mucosa es reconocida como la principal línea de defensa contra gérmenes patógenos, acción que puede mantenerse al modular la

población microbiana, induciendo el cuidado de la integridad tisular; lo cual se reflejará en la salud y productividad (Yusrizal y Chen, 2003). Lo anterior puede lograrse al proporcionar ciertos nutrimentos con valor adicional, como por ejemplo los oligosacáridos, que pueden ayudar a modular la población microbiana del intestino (Kleessen y Blau, 2005; Volek *et al.*, 2007). Estos compuestos se usan como prebióticos porque influyen en la composición de la población intestinal de varias especies animales (Bónai *et al.*, 2010; Falcao-e-Cunha *et al.*, 2007; Verdonk *et al.*, 2005; Volek *et al.*, 2007; Yalcinkaya *et al.*, 2008).

Dentro de los oligosacáridos están aquellos formados por fructosa, ejemplo de ellos es la inulina y los fructooligosacáridos (FOS), que son utilizados como fibra no digestible denominados como “ingrediente funcional”. El oligosacárido inulina se encuentra en: trigo, cebolla, plátano, ajo, achicoria, entre otros, y se caracteriza por poseer enlaces del tipo β 2-1 (Álvarez-Borroto *et al.*, 2015; Ávila-Fernández, 2013; Montañez-Soto *et al.*, 2011), para el cual no existen enzimas en el tracto gastrointestinal del animal, pero pueden ser fermentadas por la microbiota del tracto posterior, cambiando con ello el patrón de metabolitos sintetizados (Bónai *et al.*, 2010; Holscher *et al.*, 2015; Maertens *et al.*, 2004; Volek *et al.*, 2007).

Como aditivo nutrimental funcional, el oligosacárido proviene de la raíz de la achicoria (Verdonk *et al.*, 2005), donde se encuentra en concentraciones de 15–20%. En México las *agavaceas* como la variedad *Tequilana* azul Weber, tienen en base seca en promedio 31.5% de inulina y hasta un 10% de otros oligosacáridos (Gómez *et al.*, 2010; Montañez-Soto *et al.*, 2011). En general los azúcares del agave son usados principalmente para producir tequila y el fructo-oligosacárido inulina. Pérez de la Mora *et al.* (2014) adicionaron ésta al agua de bebida de la codorniz japonesa, y mejoraron 10% la producción de huevo, con respecto al testigo; pero redujeron ligeramente el consumo ofrecido.

En cambio, López-Romo *et al.* (2008) adicionaron el prebiótico al concentrado del caballo, sin provocar alteraciones en el consumo, en cambio redujeron la glicemia. Por otro lado, Salas *et al.* (2013) empleando inulina proveniente de achicoria en el alimento del conejo, disminuyeron el pH del intestino y mejoraron la digestibilidad. No se encontró información sobre el uso de la inulina de agave *tequilana* Weber variedad azul, que contiene un mayor grado de polimerización, en el conejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

La actual investigación se realizó en las instalaciones del Centro Universitario de Los Altos de la Universidad de Guadalajara, ubicado en el noroeste del estado de Jalisco. En la región la temperatura media anual es de 19.1°C., con precipitación promedio de

620.9 mm, con régimen de lluvias en los meses de junio y julio (Ruíz-Corral *et al.*, 2012).

Animales y tratamientos

Para el estudio se emplearon dieciocho conejos machos de la crucea New Zealand x California x Rex (peso promedio; 350 gramos), estos fueron alojados individualmente en jaulas metálicas (40 x 40 cm) con piso plástico cribado. Los animales fueron asignados aleatoriamente a uno de los tres niveles de adición de inulina de agave (0, 1 o 2%) al alimento. En la parte inferior de cada una de las jaulas, se colocó una charola metálica para la recolección diaria de heces fecales. Durante todo el estudio los animales tuvieron libre acceso al alimento, el cual fue formulado para llenar sus requerimientos nutrimentales (Cuadro 1). El consumo de alimento (ofrecido menos rechazado) y de agua fueron medidos diariamente y ajustados semanalmente para satisfacer las necesidades de los animales. Para la medición de la oferta y rechazo de alimento se empleó una balanza electrónica (Adam, modelo ADP 4100L), y para el agua de bebida una probeta graduada (SP Scienceware).

La inulina de agave se obtuvo de la agroindustria tequilera (Inulina y Miel de Agave S.A. de C.V.), el prebiótico fue adicionado al alimento del conejo a niveles de; 0, 1 o 2% (base seca). Los animales del estudio fueron individualmente pesados y asignados aleatoriamente a los niveles de adición de inulina al alimento.

El experimento consistió en tres periodos de 21 días por periodo, los últimos 15 días sirvieron para evaluar el coeficiente de digestibilidad aparente, se midió diariamente el consumo de alimento y la producción fecal. Al final de cada periodo unas muestras representativas de alimento fueron mezcladas y enviadas al laboratorio para su análisis nutrimental. Por otra parte, se empleó una báscula portátil (Marca Torrey, Modelo PCR-20; con una capacidad máxima de peso de 40 kg, precisión de 0.001), para medir el peso inicial y final de cada conejo.

La materia seca (**MS**) de alimento y de heces fecales se determinó a 60°C durante 24 h en una estufa de aire forzado (Fischer Scientific, modelo: Isotemp oven); después fueron molidas con malla de 1 mm (Thomas-Wiley Mill, Modelo 4), para realizar en laboratorio los análisis de fibra detergente neutro (**FDN**), utilizando el equipo fiber analyzer (ANKOM, modelo; A 200), la energía bruta (**EB**) con una bomba adiabática (Parr Instrument Co., Moline, IL, USA, modelo 1341), cenizas en un horno mufla a 500°C (Novatech, modelo; MD 1500) y se calculó la materia orgánica (**MO**; MO = MS-ceniza). Además, las heces frescas en triplicado fueron empleadas para la determinación de coliformes totales (Unidades formadoras de colonias; **UFC**), utilizando métodos estándares y el medio de cultivo de agar EMB.

Ingrediente	(kg/ton)
Salvado de trigo	660.00
Alfalfa, 19%	150.00
Pasta de girasol, 28%	95.00
Cascarilla de arroz	35.00
Salvadillo de trigo	5.00
Minerales	1.00
Vitaminas	1.00
HCl lisina	0.80
Metionina, 99%	0.20
Análisis calculado (%)	
Materia seca	88.62
Cenizas	8.99
Proteína (N x 6.25)	15.50
Fibra cruda	15.05
Grasa	2.37
Saturada	0.37
Insaturada	1.41
Sodio	0.06
Fósforo	0.86
Calcio	0.88

Cuadro 1. Ingredientes y análisis calculado del alimento

Análisis estadístico

La varianza de los datos obtenidos fue analizada como un experimento aleatorizado, estableciendo *a priori* una alfa de 0.05 para declarar diferencia entre ellos. Cuando ésta se presentó, los promedios de los diferentes niveles de adición de inulina al alimento fueron separados empleando el método de Tukey, del paquete estadístico SAS.

El manejo de los animales durante todo el experimento se realizó respetando la normatividad relativa al trato de los animales (NOM-051-ZOO-1995; Decreto 21741/LVII/06, Congreso de Jalisco), y se contó con constante supervisión de Médicos Veterinarios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los conejos consumieron diariamente en promedio 95.83 gramos de MS, proceso que se vio reducido significativamente ($p < 0.05$; Cuadro 2) con el empleo de inulina de agave en el alimento; sin embargo, la digestibilidad aparente de la MS se incrementó en un 16.96% ($p < 0.05$) al adicionar la inulina al alimento. De igual manera la ingesta de MO y FDN disminuyeron ($p < 0.05$) en respuesta a la adición de 1 y 2% del fructo-oligosacárido obtenido del agave. Bónai *et al.* (2010) en su estudio al adicionar inulina de achicoria, también redujeron el consumo del conejo; coincidiendo con lo observado

en el presente estudio. Caso contrario lo reportaron Volek *et al.* (2007), donde no se afectó la ingesta de alimento al emplear 4% de inulina de achicoria.

Como se puede observar en el cuadro 2, se muestra el efecto positivo de la inulina (+17.7%) en el aprovechamiento digestivo de la FDN. Volek *et al.* (2007) por su lado no observaron efecto de la adición de 4% de inulina al alimento del conejo sobre aprovechamiento digestivo de los diferentes nutrimentos.

Por otro lado, en el presente estudio, al evaluar la digestibilidad de la energía bruta, se encontró que ésta aumentaba significativamente ($p < 0.05$) cuando se utilizaba el oligofructano proveniente del agave en el alimento. De igual manera los autores Salas-Montiel *et al.* (2013) empleando inulina de achicoria (2.5 g/kg) en conejos de 40 días de edad, incrementaron la energía digerida del alimento, a base de grano de maíz y pasta de soya; aunque en su estudio afectó negativamente la ganancia de peso y disminuyó la cantidad de triglicéridos y glucosa en circulación.

Durante todo el presente estudio el consumo individual de agua fue en promedio de 369.36 ml/día; pero con la adición de inulina de agave al alimento se redujo en 24.75 y 13.65% con los niveles 1 y 2% del prebiótico respectivamente ($p < 0.05$). Por otro lado, la ganancia diaria de peso (**GDP**) fue de 28.025 gramos en promedio; aunque con el 1% de inulina de agave se redujo en 4 gramos (24.67 g/día) aproximadamente; con el 2% se incrementó a 30.53 g /día, respecto al testigo que mostró 25.73 g/día ($p < 0.05$). Usando 4% de inulina de achicoria, investigadores han reportado 33.3 (Volek *et al.*, 2007) y 36 gramos (Bónai *et al.*, 2010) de GDP en conejos, valores cercanos a los encontrados en el presente estudio. Pero, Falcao-e-Cunha *et al.* (2007) en su revisión y Bónai *et al.* (2010) empleando alternativas de antibióticos como promotores de crecimiento, reportan una ausencia de efecto en los parámetros productivos del conejo.

En cambio, como se puede observar en la Figura I, la cantidad de *E. coli* presente (\log^{10} UFC/gramo) en las muestras de heces fecales recolectadas, mostraron una reducción significativa ($p < 0.05$), cuando la inulina de agave fue adicionada al alimento del conejo.

Los autores Yusrizal y Chen (2003) emplearon el 1% de inulina de la raíz de achicoria en el alimento de pollo de engorda y encontraron una fuerte reducción tanto de *E. Coli* como de *Campylobacter*, en cambio incrementaron la presencia de *Lactobacilli*. Los autores también observaron una reducción en la cantidad de amoniaco en heces fecales. Por otro lado, Patel y Goya (2013) en su revisión, así como Holscher *et al.* (2015) en sus hallazgos sobre prebióticos, reportaron el incremento de bifidobacterias en respuesta al empleo de este tipo de fructanos, sin que estos afecten el peso del individuo o sus parámetros hemáticos

CONCLUSIÓN

Con base a los resultados, se infiere que la inulina de *Agave azul tequilana* Weber puede ser empleada en conejos, mejorando así su digestión, influyendo positivamente a la ecología del tracto gastrointestinal; representando por ello un alimento funcional.

	Inulina de agave (%) en el alimento			p < 0.05
	0	1	2	
Materia seca				
Consumo, g/día	107.21a	88.20b	92.09b	*
Digestibilidad, %	47.88a	56.02b	56.78b	*
Materia orgánica				
Consumo, g/día	96.05a	79.02b	82.51b	*
Digestibilidad, %	48.39a	56.95b	58.49b	*
Fibra detergente neutro (FDN)				
Consumo, g/día	70.76a	58.21b	60.78b	*
Digestibilidad, %	49.59a	58.67b	58.08b	*
Energía bruta				
Consumo, calorías/día	385.48a	317.10b	331.11b	*
Digestibilidad, %	48.45a	54.16a	53.46a	*

Literales diferentes denota significancia entre tratamientos ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Efecto de la inulina de agave *tequilana* sobre la digestibilidad de nutrimentos en el conejo

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la empresa Inulina y Miel de Agave S.A. de C.V., por proveer de la inulina necesaria para el desarrollo del estudio actual.

LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ-BORROTO R, Ruano-Nieto AL, Calle-Minaca MR, Lara-Fiallos MV. Extracción y determinación de inulina del ajo común autóctono (*Allium sativum*). Revista Cubana de Química. 2015; 27(2):131-146. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212015000200003

ÁVILA-FERNÁNDEZ Á. Prebióticos: Alternativas mexicanas. Horizonte sanitario. 2013; 12(1):4-6. doi: <http://dx.doi.org/10.19136/hs.v12i1.149>

BÓNAI A, Szendrő Z, Matics Z, Fébel H, Kametler L, Tornnyos G, Horn P, Kovács F, Kovács M. Effect of inulin supplementation and age on growth performance and digestive physiological parameters in weaned rabbits. World Rabbit Science. 2010; 18:121-129. doi:10.4995/wrs.2010.5883

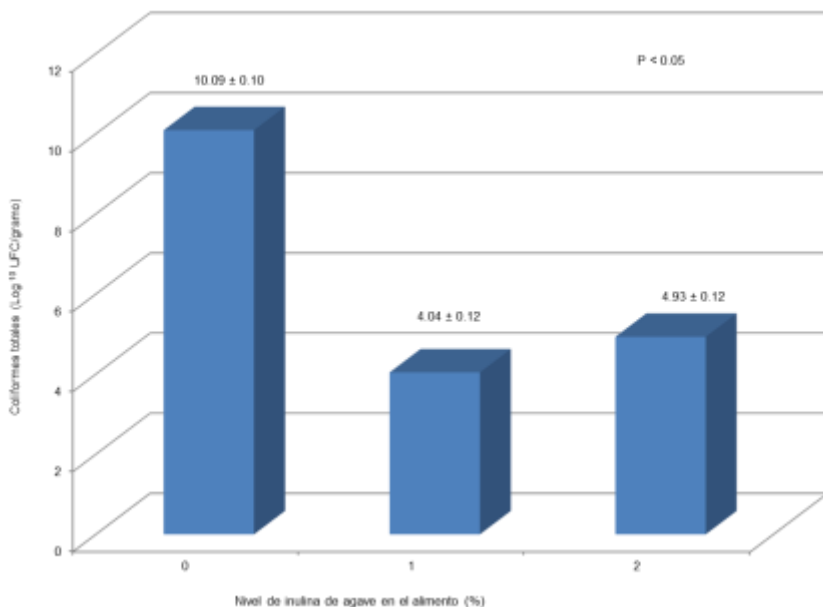


Figura I. Cantidad de coliformes en heces en respuesta al nivel de inulina de agave en el alimento

FALCAO-E-CUNHA L, Castro-Solla L, Maertens L, Marounek M, Pinheiro V, Freire J, Mourao JL. Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding: A review. *World Rabbit Science*. 2007; 15:127-140. doi: <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2007.597>

GOMEZ E, Tuohy K, Gibson G, Klinder A, Costabile A. *In vitro* evaluation of the fermentation properties and potential prebiotic activity of Agave fructans. *Journal of Applied Microbiology*. 2010; 108:2114-2121. doi: [10.1111/j.1365-2672.2009.04617.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04617.x)

HOLSCHER HD, Bauer LL, Gourineni V, Pelkman CL, Fahey Jr GC, Swanson KS. Agave inulin supplementation affects the fecal microbiota of healthy adults participating in a randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover trial. 2015; *The Journal of Nutrition*. 145:2025–32. doi:[10.3945/jn.115.217331](https://doi.org/10.3945/jn.115.217331)

KLEESSEN B, Blau M. Modulation of gut mucosal biofilms. *British Journal of Nutrition*. 2005; 93 (Suppl. 1): S35-S40. doi: [10.1079/BJN20041346](https://doi.org/10.1079/BJN20041346)

LÓPEZ-ROMO JF, López-Torres A, Ruíz-García IJ, Orozco-Hernández JR. Respuesta glicémica del caballo de charrería a la adición de inulina en el alimento. *Jornada de Investigación Universitaria*. 2008. Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara

MAERTENS L, Aerts JM, De Boever J. Degradation of dietary oligofructose and inulin in the gastro-intestinal tract of the rabbit and the effects on caecal pH and volatile fatty acids. *World Rabbit Science*. 2004; 12: 235-246. doi: <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2004.569>

MONTAÑEZ-SOTO J, Venegas-González J., Vivar-Vera M, Ramos-Ramírez E. Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber azul. *Bioagro*. 2011; 23(3):199-206. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612011000300007

PATEL S, Goyal A. The current trends and future perspectives of prebiotics research: a review. *Biotechnology*. 2012; 2:115-125. doi: 10.1007/s13205-012-0044-x

PÉREZ DE LA MORA LJ, Orozco-Hernández JR, Ruíz García IJ, García de la Peña RC. Quail egg yield and quality of the *Coturnix coturnix* response to the addition level of agave inulin to the drinking water. *Italian Journal of Animal Science*. 2014; 13:127-129. <http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2014.2981>

RUIZ CORRAL JA, Flores López HE, Regalado Ruvalcaba JR, Ramírez Ojeda G. Estadísticas climáticas normales del estado de Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Libro técnico Número 2. 2012. ISBN: 978-607-425-875-2

SALAS-MONTIEL R, Torres-Acosta I, Villarreal-Delgado E, Juárez-Silva ME, Azaola A, Pérez-Gil-Romo F. Inulin as a growth promoter in diets for rabbits. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2013; 42(12):885-891. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982013001200008>

VERDONK JM, Shim AJSB, Van Leeuwen P, Verstegen MWA. Application of inulin-type fructans in animal feed and pet food. *British Journal of Nutrition*. 2005; 93 (Suppl. 1): S125-S138. <http://dx.doi.org/10.1079/BJN20041355>

VOLEK Z, Marounek M, Skrivanova V. Effect of a starter diet supplementation with mannanoligosaccharide or inulin on health status, caecal metabolism, digestibility of nutrients and growth of early-weaned rabbits. *Animal*. 2007; 1:523-530. doi: 10.1017/S1751731107685012

YALCINKAYA H, Gungor T, Bafialan M, Erdem E. Mannan oligosaccharides (MOS) from *Saccharomyces cerevisiae* in broilers: Effects on performance and blood biochemistry. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 2008; 32:43-48. <http://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/abstract.htm?id=9323>

YUSRIZAL A, Chen TC. Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length. *International Journal of Poultry Science*. 2003; 2:214-219. doi: 10.3923/ijps.2003.214.219