

EFFECTOS DE INCLUIR MANANOOLIGOSACÁRIDOS MÁS UN CULTIVO DE LEVADURAS Y UN MICROORGANISMO VIVO EN LA DIETA DE POLLOS DE ENGORDA

Sergio Gómez Rosales*¹, María de Lourdes Angeles¹, Esther Albarrán Rodríguez², David Ávila Figueroa², Carlos Varela², María del Carmen Mojica³. ¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología Animal – INIFAP. Ajuchitlán, Querétaro. ²Universidad de Guadalajara, Jalisco, México, ³SynBios SA de CV.

INTRODUCCION

Por muchos años se ha reconocido que los antibióticos usados como promotores del crecimiento (APC) promueven el crecimiento eficiente y salud de las aves. Sin embargo, también se han documentado peligros potenciales cuando los APC no son usados apropiadamente, por lo que en la industria avícola se consideran otras alternativas biológicamente seguras. Actualmente se cuenta con considerable evidencia que demuestra que el uso de mananoooligosacáridos (MOS) en la alimentación mejora el crecimiento y conversión alimenticia de las aves por lo que constituyen una de las mejores opciones para sustituir a los APC. Las ventajas adicionales de MOS sobre los APC son: 1) No tienen tiempo de retiro, 2) No presentan efectos residuales, y 3) No causan mutaciones bacterianas que pudieran suscitar bacterias patógenas resistentes.

Se ha sugerido que los MOS se unen y secuestran a algunas bacterias potencialmente patógenas, que poseen fimbrias en su superficie capaces de unirse a determinados receptores compuestos por carbohidratos y presentes en la superficie de los enterocitos. Esta unión es un paso esencial en la patogénesis de muchas bacterias como Salmonella. Además los MOS favorecen el crecimiento de algunos microbios beneficiosos Gram positivos como *Lactobacillus plantarum*, que poseen receptores sensibles a la manosa, y capaces de adherirse a la mucosa intestinal bloqueando así la adhesión de bacterias patógenas e impidiendo su colonización (Mul y Perry, 1994). Se ha sugerido además que MOS puede ejercer aún mayores beneficios que los antibióticos promotores del crecimiento si son usados estratégicamente junto con otros aditivos no-farmacológicos como son los probióticos (Ferket et al., 2002). De la misma manera, algunos autores han reportado que la combinación de un oligosacárido y un probiótico apropiado (productos simbióticos) puede lograr aumentar la eficacia de ambos productos por separado (Bailey et al., 1991; Fukata et al., 1999; Sun et al., 2004).

Uno de los microorganismos más usados como probióticos son los Bacillus. El género Bacillus no es un residente normal de la flora intestinal pero es estable a los tratamientos térmicos y al pH

gástrico debido a su capacidad de formar esporas, las cuales germinan en el intestino para ser activos. No pueden adherirse a la pared intestinal pero tienen una gran capacidad de multiplicación y favorecen el desarrollo de *Lactobacillus* y deprimen el crecimiento de bacterias patógenas como *E. Coli*, *Clostridium*, *Streptococcus*, y *Enterobacteriaceae*. Además, existen varios reportes que evidencian los beneficios de *Bacillus* sobre el crecimiento, conversión alimenticia y salud cuando son adicionados a los alimentos de las aves.

Una de las características comunes entre MOS y *Bacillus* es que promueven el desarrollo de microorganismos propios de la flora intestinal como son los *Lactobacillus*. Los *Lactobacillus* son capaces de neutralizar algunas enterotoxinas y producir ácidos orgánicos a partir de la fibra, reducir el pH intestinal, y con esto, inhibir el crecimiento de bacterias patógenas (Radecki y Yokoyama, 1991). También se ha reportado que los *Lactobacillus* aumentan la actividad de amilasa en el intestino, con lo cual pueden ayudar a digerir los almidones. MOS y *Bacillus* también pueden ayudar a digerir los alimentos ya que los primeros pueden incrementar la actividad de las disacaridasas en el borde en cepillo del intestino, y los segundos, durante la germinación de las esporas pueden liberar enzimas digestivas (Gedek, 1999). Con relación a la morfología intestinal, se ha reportado que MOS y *Bacillus* por separado pueden incrementar la altura de las vellosidades en diferentes porciones del intestino (Macari y Maiorka, 2000; Loddi, 2003; Pelicano et al., 2003) y con esto aumentar la capacidad de digestión y absorción de nutrientes. Así mismo, se ha reportado que MOS y *Bacillus* combinados pueden reducir la profundidad de las criptas, debido a una menor tasa de reemplazo de enterocitos y aumentar la densidad de las vellosidades en el duodeno (Pelicano et al., 2005). Lo anterior sugiere que al combinar MOS y *Bacillus* podría mejorarse el crecimiento, la salud y los procesos digestivos. Por lo anterior, el presente trabajo se diseñó para evaluar la productividad, digestibilidad ileal, retención de nutrientes y morfología intestinal en pollos de 28 a 42 días de edad alimentados con mananooligosacáridos y un cultivo de levaduras (MOS+CSc) combinados con *Bacillus subtilis* (Bs) vivo.

MATERIALES Y METODOS

Se usaron 72 machos Ross B308 alojados individualmente en baterías a los 22 días de edad. El día 29, los pollos fueron aleatoriamente asignados a 1 de 4 tratamientos de manera que en cada tratamiento se tuvieron 18 repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes:

- 1) Dieta Control – sin antibiótico, con coccidiostato (Nicarbacina, 125 ppm)

- 2) Como 1) más mananooligosacáridos combinados con un cultivo de levaduras proveniente de *Saccharomyces cerevisiae* (MOS+CSc, 1 kg/ton).
- 3) Como 1) más una fuente de *Bacillus subtilis* vivo (Bs, 125 g/ton).
- 4) Como 1) más mananooligosacáridos combinados con un cultivo de levaduras proveniente de *Saccharomyces cerevisiae* y una fuente de *Bacillus subtilis* vivo (MOS+CSc [1 kg/ton] + Bs [125 g/ton]).

La dieta fue formulada de acuerdo a las recomendaciones de nutrientes de Ross para pollos en crecimiento (Cuadro 1). El agua fue proporcionada a libertad. Los pollos fueron pesados los días 29 y 42 de edad. Los primeros 9 días la alimentación fue a libertad. Los últimos 4 días se ofreció a los pollos el 90% del consumo observado durante los 9 días previos y durante este período se realizó la colección total de excretas cada 24 horas para determinar la retención de nutrientes. Además, el alimento ofrecido en estos días contenía 0.25% de óxido de cromo como marcador interno para la determinación de la digestibilidad de nutrientes. El día 42 de edad, después del pesaje, todos los pollos fueron sacrificados, por dislocación cervical. Primero se procedió a colectar el contenido ileal. El íleon se consideró la porción del intestino delgado delimitada por el divertículo de Meckel y la válvula ileocecal. El contenido ileal de 3 pollos por tratamiento se mezcló y cada una de estas muestras fue considerada una observación. Para analizar la morfología intestinal, de ocho pollos de cada tratamiento se obtuvo una porción de 5 cm de duodeno. El contenido se eliminó usando formol bufferado al 10%, los extremos se ataron con seda, se inyectaron 2 ml, aproximadamente, de formol bufferado y se conservó en la misma solución hasta su análisis. La canal fue disecada y se pesaron sus principales componentes: pechuga, piernas y muslos.

En el laboratorio, las excretas fueron liofilizadas y molidas y sometidas a determinaciones de materia seca, cenizas, nitrógeno, energía. Con el contenido ileal se siguieron los mismos procedimientos, se determinaron los mismos nutrientes más cromo. Los mismos análisis se realizaron en las dietas. Los intestinos fueron fijados con parafina y se cortaron secciones de 5 μ m y fueron colocadas en laminillas de vidrio. Las lecturas se realizaron usando un microscopio de luz realizándose 5 mediciones por laminilla.

Análisis estadísticos

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza siguiendo los procedimientos de los Modelos Lineales Generales del paquete estadístico SAS (1995). Se usó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2. La diferencia entre medias se evaluó usando la diferencia mínima significativa.

RESULTADOS

Comportamiento productivo, peso y rendimiento de la canal y componentes. La inclusión de MOS+CSc incrementó la ganancia de peso ($P < .10$), peso ($P < .10$) y rendimiento de la pechuga ($P < .01$). La inclusión de Bs mejoró el consumo de alimento ($P < .01$), ganancia de peso ($P < .05$), peso ($P < .05$) y rendimiento de la canal ($P < .10$), peso de la pechuga ($P < .05$) y piernas ($P < .10$). La eficiencia alimenticia fue menor con la dieta sin aditivos, con la dieta adicionada con Bs y la dieta adicionada con MOS+CSc y Bs, en cambio la eficiencia alimenticia fue mayor cuando se incluyó MOS+CSc solo (Interacción MOS+CSc y Bs, $P < .10$). El rendimiento de las piernas fue mayor con la dieta control y la dieta adicionada con MOS+CSc y Bs (Interacción MOS+CSc y Bs, $P < .10$).

Digestibilidad ileal y retención de nutrientes. La digestibilidad ileal de materia seca ($P < .10$), cenizas y energía ($P < .05$) fue menor con la dieta sin aditivos, con la dieta adicionada con Bs y la dieta adicionada con MOS+CSc y Bs, en cambio la digestibilidad de estos nutrientes fue mayor cuando se incluyó MOS+CSc solo (Interacción MOS+CSc y Bs). La adición de MOS+CSc incrementó la digestibilidad ileal de nitrógeno ($P < .05$). La retención de N fue mayor con MOS+CSc ($P < .01$) o Bs ($P < .05$). Estas respuestas están en concordancia con los aumentos en el crecimiento y rendimiento en canal encontrados en ambos experimentos.

Morfología duodenal. El espesor de la mucosa ($P < .01$), y altura de las vellosidades ($P < .10$) fueron menores con la dieta adicionada con Bs sin MOS+CSc (interacción de MOS+CSc y Bs). El espesor de las vellosidades fue mayor con la dieta con MOS+CSc combinado con Bs (interacción de MOS+CSc y Bs; $P < .10$). La profundidad y grosor de las criptas fueron mayores ($P < .10$) con MOS+CSc. La profundidad de las criptas fue menor ($P < .05$) con Bs.

DISCUSION

La ganancia de peso y eficiencia alimenticia se incrementaron en 2.8 y 4.2%, respectivamente, en los pollos suplementados con MOS+CSc, con relación al grupo Control. En un meta-análisis que incluyó 29 estudios (Hooge, 2004) donde se evaluó el efecto de adicionar MOS en la dieta de

pollos de engorda, se encontró que en el 80% de los estudios MOS tuvo un efecto positivo en la ganancia de peso (en promedio de 1.6%) y conversión alimenticia (en promedio de 2%). En reportes más recientes se han confirmado estos resultados (Zhang et al., 2005; Mollet et al., 2007; Rosen, 2007), lo cual coincide con los hallazgos presentes. El peso y rendimiento de la pechuga se mejoraron en 3.8% en los pollos suplementados con MOS+CSc, lo que concuerda con resultados previamente reportados por este mismo grupo (Gómez y Angeles, 2006) y reportes de otros autores (Ajenuño et al., 1999; Onifade et al., 1999; Clementino dos Santos, 2002) que incluyeron MOS o levaduras deshidratadas en la dieta de pollos de engorda. En general, los efectos de MOS+CSc obtenidos en el presente trabajo fueron de menor magnitud a los obtenidos en un estudio previo donde el consumo de alimento, ganancia de peso y eficiencia alimenticia se mejoraron en 3.3, 6.9 y 3.8%, respectivamente, y el peso y rendimiento de la canal y sus componentes se mejoraron en 7.8% en promedio, usando un diseño experimental similar al del experimento reportado aquí.

La digestibilidad ileal de materia seca, cenizas y energía se incrementaron 6% en promedio en los pollos que consumieron las dietas con MOS+CSc sin Bs en comparación con los otros tres tratamientos y la digestibilidad ileal de nitrógeno se incrementó en 2% en las dietas con MOS+CSc. Previamente se ha reportado que MOS puede incrementar la actividad de las disacaridasas en el borde en cepillo del intestino, así como la absorción de triptofano a través de membranas del borde en cepillo del yeyuno (Gedek, 1999; Iji et al., 2001). También se ha sugerido que MOS tiene la capacidad de reducir la colonización del intestino por bacterias patógenas (mejorando la salud intestinal e integridad de la mucosa) y reducir la competencia por nutrientes entre el hospedador y su microflora, lo que permite al hospedador disponer de una mayor capacidad de absorción y cantidad de nutrientes para ser absorbidos (Iji y Tivey, 1998; Ferket et al., 2002). Probablemente, la combinación de estos factores, mayor actividad de enzimas digestivas, mejor salud e integridad de la mucosa y menor competencia por nutrientes permitieron que los pollos suplementados con MOS+CSc mostraran mayor digestibilidad ileal de nutrientes. En la misma línea, Kumprecht et al. (1997) encontraron mayor digestibilidad de la fibra en pollos suplementados con MOS.

La retención de nitrógeno se incrementó en 25% y la excreción de energía se redujo en 5% en los pollos adicionados con MOS+CSc. Aunque la EMAn no fue diferente entre tratamientos se observó una mejora de 2% en los pollos suplementados con MOS+CSc, con respecto al grupo Control, lo que equivale a un incremento de 60 kcal de energía/kg de alimento. En concordancia

con lo anterior, Ferket et al. (2002) reportaron mejoras de 2.5% en la utilización de la energía en pavos alimentados con MOS. Aunque en el presente trabajo no se observaron diferencias en la retención de materia seca y cenizas entre tratamientos, en un trabajo previo al presente, se observaron mejoras en la retención de estos nutrientes en pollos adicionados con MOS+CSc (Gómez y Angeles, 2006).

La altura de las vellosidades fue similar entre los pollos el grupo Control y los adicionados con MOS+CSc con y sin Bs. Este resultado es similar a lo observado por otros autores (Santos et al., 2004; Yang et al., 2007) pero diferente a otros reportes donde la adición de MOS incrementó la altura de las vellosidades (Iji et al., 2001; Pelicano et al., 2005; Zhang et al., 2005). La anchura de las vellosidades fue mayor cuando MOS+CSc y Bs se adicionaron juntos pero la anchura fue similar entre el grupo Control y MOS+CSc solo. Estos dos hallazgos indican que MOS+CSc no tuvo efectos sobre la proliferación de la mucosa, sin embargo, la mayor profundidad y anchura de las criptas causadas por MOS+CSc sugieren lo contrario. De acuerdo a los resultados de Pluske et al. (1997) una mayor profundidad de las criptas indicaron una mayor actividad proliferativa, con el fin de asegurar una adecuada tasa de reciclaje del epitelio, y compensar las pérdidas en la altura de las vellosidades. En el presente trabajo, aunque se incrementó la profundidad y anchura de las criptas con el uso de MOS+CSc la altura de las vellosidades no fue diferente entre MOS+CSc y el grupo Control, por lo que la sugerencia de Pluske et al. (1997) no concuerda con estos resultados. Los hallazgos se vuelven más controversiales cuando el área de las vellosidades es mayor para el grupo Control que para el grupo adicionado con MOS+CSc solo, y similar al grupo adicionado con MOS+CSc y Bs. Esto significa que los cambios observados en las criptas no fueron paralelos a los cambios observados en las vellosidades.

La adición de Bs mejoró el consumo diario de alimento y ganancia de peso en 5.3 y 3.6%, respectivamente. También el peso de la canal, pechuga y piernas y el rendimiento de la canal se incrementaron en 4.9, 4.2, 4.6 y 2%, respectivamente con Bs en relación al grupo Control. En varios estudios se ha demostrado una mejora sustancial en la eficiencia o conversión alimenticia de pollos de engorda suplementados con diferentes tipos de *Bacillus* (Santoso et al., 1995; Gil-Turnes et al., 2007; Opalinzki et al., 2007). En un estudio que incluyó cuatro experimentos en piso también se reportaron mejoras en la ganancia de peso corporal y conversión alimenticia con la adición de *Bacillus subtilis* (Hooge et al., 2004). En otro estudio se observaron mejoras en la ganancia de peso, conversión alimenticia y peso de la canal en pollos alimentados con dietas suplementadas con *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformis* (Parra et al., 2005). Por su parte,

Pelicano et al. (2004^{a,b,c}) no encontraron beneficios sobre el crecimiento o la canal al adicionar diferentes *Bacillus* a la dieta de pollos de engorda.

La falta de diferencias en la digestibilidad ileal de nutrientes entre el grupo Control y el adicionado con Bs contrasta con la sugerencia de que uno de los mecanismos de acción de *Bacillus* es a través de la liberación de enzimas digestivas que coadyuvan a mejorar la hidrólisis y asimilación de los nutrientes (Larbier y Leclercq, 1992; Schallmeyer et al., 2004; Cepero, 2005). Por su parte, Breves et al. (2002) en un estudio in vitro reportaron estimulación de la absorción de glucosa en células del yeyuno de cerdos con *Bacillus cereus*. Sin embargo, en varios trabajos en cerdos se ha reportado que la adición de *Bacillus* no tuvo efectos en la digestibilidad aparente de materia seca, nitrógeno o energía (Spriet et al., 1987; Kim et al., 1993; Scheuermann, 1993). Posteriormente estos resultados fueron confirmados por Kornegay y Risley (1996) quienes evaluaron dos productos basados en *Bacillus* (*Bacillus subtilis*/*Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*/*Bacillus licheniformis*/*Bacillus pumilus*). Los resultados obtenidos en cerdos usando diferentes *Bacillus* concuerdan con los hallazgos en la digestibilidad de nutrientes en pollos en el presente trabajo.

La mayor retención de nitrógeno (18%) en los pollos adicionados con Bs en el presente trabajo con relación al grupo Control, concuerda con un reporte en pollos (Santoso et al., 2005) y otro en cerdos (Scheuermann, 1993), pero es contrario a lo observado en el estudio de Kornegay y Risley (1996) en cerdos donde la adición de *Bacillus* no afectó la retención de nitrógeno. También la EMVn fue mejorada numéricamente (2.1%) por la adición de Bs con relación al grupo Control en el presente trabajo, lo cual equivalió a una liberación de 58 kcal de energía/kd de alimento.

La adición de Bs solo causó reducción del grosor de la mucosa y altura de las vellosidades en el duodeno en comparación con el resto de los tratamientos, lo que sugiere una reducción de la proliferación de la mucosa. Estos resultados son contrarios a los reportados por Pelicano et al. (2005) en donde en pollos de 1 a 21 días de edad la adición de *Bacillus subtilis* no afectó la altura de las vellosidades en el duodeno. Mientras que la altura de las vellosidades en el yeyuno y en el íleon se incrementaron en los pollos adicionados con *Bacillus* con respecto al grupo Control, de acuerdo a los mismos autores (Pelicano et al., 2005). También en cerdos se reportó que la adición de *Bacillus cereus* incrementó la altura de las vellosidades en el intestino delgado (Baum et al., 2002). La reducción de la profundidad de las criptas concuerda con la reducción en la altura de las vellosidades en el presente trabajo. Este hallazgo también es opuesto a lo encontrado por Pelicano et al. (2003, 2005) en donde la profundidad de las criptas se incrementaron en pollos de 0 a 21 días y de 42 días de edad suplementados con *Bacillus*.

Se ha sugerido que la mayor altura de las vellosidades confiere mayor superficie para la digestión y absorción de los nutrientes (Pluske et al., 1997; Pelicano et al., 2005) . Sin embargo, en el presente trabajo, la mayor área de superficie de las vellosidades se observó en el grupo Control y el grupo adicionado con MOS+CSc y Bs con respecto a los pollos que recibieron MOS+CSc o Bs, mientras que la mayor digestibilidad de nutrientes se encontró en los pollos adicionados con MOS+CSc. Las observaciones anteriores claramente sugieren que no existe una relación directa entre los cambios observados en la estructura del epitelio duodenal y la digestibilidad de nutrientes. Estos resultados no son definitivos ya que en el presente trabajo no se evaluó los cambios en la morfología del yeyuno e íleon donde transcurre la mayor parte de la digestión y absorción de nutrientes.

Algunos autores han reportado que la combinación de un oligosacárido y un probiótico apropiado (productos simbióticos) puede lograr aumentar la eficacia de ambos productos por separado (Bailey et al., 1991; Fukata et al., 1999; Sun et al., 2004). En el presente trabajo se combinó MOS+CSc y Bs ya que de acuerdo a la literatura consultada comparten en común que pueden favorecer la proliferación de *Lactobacillus* en el intestino, así como coadyuvar en la digestión y absorción de nutrientes. Los resultados sugieren que los efectos de ambos productos fueron independientes y las respuestas que causaron en la digestibilidad de nutrientes y morfología duodenal fueron diferentes. Sin embargo, es pertinente resaltar que la combinación de MOS+CSc y Bs redujo la excreción de nitrógeno en 12% e incrementó la retención de nitrógeno en 48% con respecto al Control (Cuadro 3), y aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, sugieren un probable efecto aditivo de los productos evaluados.

En resumen, la adición de MOS+CSc solo incrementó la eficiencia alimenticia y la digestibilidad de materia seca, cenizas y energía. También la adición de MOS+CSc aumentó la ganancia diaria de peso, el peso y rendimiento de la pechuga, la digestibilidad y retención de nitrógeno y la profundidad y anchura de las criptas. La adición de *Bacillus subtilis* vivo incrementó el consumo de alimento, ganancia de peso, peso de la canal y las piernas, rendimiento de la canal y la retención de nitrógeno. Por el contrario, el grosor de la mucosa, altura de las vellosidades y profundidad de las criptas se redujeron con la adición de *Bacillus subtilis*. Los efectos de MOS+CL y Bs sobre el crecimiento de los pollos fueron independientes y los beneficios observados sugieren diferentes mecanismos de acción.

Cuadro 1. Composición de la dieta.

Ingredientes	%	Contenido calculado de nutrientes	
Sorgo molido	58.74	EM, Kcal /kg	3150
Pasta de soya	17.78	PC, %	20.5
Pasta de canola	10.00	Lisina digestible, %	0.95
Gluten de maíz	5.00	Calcio, %	0.85
Aceite de soya	4.17	Fósforo disponible, %	0.42
Ortofosfato de calcio	1.64	¹ Cada kg aportó: 6 500 UI de vitamina A; 2 000	
Carbonato de calcio	1.10	UIP de vitamina D ₃ ; 15 UI de vitamina E; 1.5 mg	
Premezcla	0.70	de vitamina K; 1.5 mg de tiamina; 5 mg de	
Sal	0.33	riboflavina; 35 mg de niacina; 3.5 mg de	
Bicarbonato de sodio	0.26	piridoxina; 10 mg de ácido pantoténico; 1500 mg	
Lisina·HCl	0.22	de colina; .6 mg de ácido fólico; .15 mg de biotina;	
DL-Metionina	0.06	.15 mg de vitamina B ₁₂ ; 100 mg de Mn; 100 mg	
		de Zn; 50 mg de Fe; 10 mg de Cu; 1 mg de I.	

Cuadro 2. Comportamiento productivo, peso y rendimiento de la canal y componentes en pollos de engorda alimentados con mananooligosacáridos más un cultivo de levaduras y/o un microorganismo vivo.

Bs, g/ton ^b	MOS+CSc, kg/ton ^a				EEM ^c
	0		1		
	0	125	0	125	
Comportamiento productivo					
Consumo de alimento, g/d ^d	128.67	132.81	124.42	133.65	1.260
Ganancia de peso, g/d ^{ef}	74.91	79.03	78.43	79.81	1.369
Eficiencia alimenticia	0.58 ^g	0.60 ^g	0.63 ^h	0.60 ^g	0.011
Peso de la canal y componentes, g					
Canal ⁱ	1098.89	1160.90	1125.95	1172.43	21.647
Pechuga ^{ei}	414.90	444.57	442.74	449.46	8.911
Piernas ^f	190.41	195.38	190.10	203.38	4.591
Muslos	306.60	322.53	316.56	323.30	7.183
Rendimiento de la canal y componentes, %					
Canal ^f	0.521	0.526	0.524	0.539	0.0061
Pechuga ^j	0.196	0.201	0.206	0.206	0.0025
Piernas	0.091 ^g	0.088 ^h	0.088 ^h	0.093 ^g	0.0019
Muslos	0.144	0.146	0.147	0.150	0.0025

^a Mananooligosacáridos más un cultivo de levaduras.

^b Bacillus subtilis vivo.

^c Error estándar de la media.

^d Bs, P < .01

^e MOS+CSc, P < .10

^f Bs, P < .10

^{g-h} Interacción MOS+CSc y Bs, P < .10

ⁱ Bs, P < .05

^j MOS+CSc, P < .01

Cuadro 3. Digestibilidad ileal y retención de nutrientes en pollos de engorda alimentados con manano oligosacáridos más un cultivo de levaduras y/o un microorganismo vivo.

	MOS+CSc, kg/ton ^a				EEM ^c	
	Bs, g/ton ^b	0		1		
		0	125	0		125
Digestibilidad ileal de nutrientes, %						
Materia seca	75.98 ^d	77.24 ^d	81.00 ^e	75.91 ^d	1.108	
Cenizas	68.83 ^f	68.80 ^f	73.64 ^g	69.96 ^f	1.069	
Nitrógeno ^h	84.65	83.29	85.95	85.47	0.622	
Energía	78.38 ⁱ	79.64 ⁱ	83.14 ^j	78.31 ⁱ	1.102	
Retención de nutrientes						
Materia seca						
Consumo	89.81	89.77	89.75	89.77	---	
Excreción ^k	38.29	36.81	37.44	34.93	1.010	
Retención	57.37	59.05	58.83	61.25	1.293	
Cenizas						
Consumo	5.69	5.97	5.81	5.88	---	
Excreción	4.91	4.99	4.98	4.72	0.227	
Retención	13.63	16.12	19.24	20.78	4.102	
Nitrógeno						
Consumo	2.82	3.07	2.95	3.08	---	
Excreción ^k	1.99	1.92	1.95	1.76	0.065	
Retención ^{lm}	29.36	35.42	37.28	43.45	2.508	
Energía						
Consumo	419.32	418.06	420.66	414.92	---	
Excreción ^{hm}	142.96	134.55	135.70	128.76	3.641	
EMAn	2.695	2.753	2.756	2.753	0.0317	

^a Manano oligosacáridos más un cultivo de levaduras.

^b Bacillus subtilis vivo.

^c Error estándar de la media.

^{d-e} Interacción MOS+CSc y Bs, P < .01.

^{f-g} Interacción MOS+CSc y Bs, P < .10.

^h MOS+CSc, P < .10.

^{i-j} Interacción MOS+CSc y Bs, P < .05.

^k Bs, P < .10.

^l MOS+CSc, P < .01.

^m Bs, P < .05.

Cuadro 4. Morfología duodenal en pollos de engorda alimentados con mananooligosacáridos más un cultivo de levaduras y/o un microorganismo vivo.

	MOS+CSc, kg/ton ^a				EEM ^c	
	Bs, g/ton ^b	0		1		
		0	125	0		125
Grosor de la mucosa, mm	171.2 ^d	151.0 ^e	166.3 ^d	166.5 ^d	3.278	
Altura de las vellosidades, mm	154.0 ^f	138.7 ^g	152.0 ^f	150.9 ^f	3.780	
Anchura de las vellosidades, mm	15.3 ^{fg}	15.2 ^f	14.8 ^f	15.9 ^g	0.317	
Profundidad de las criptas, mm ^{hi}	9.6	8.9	10.4	9.5	0.389	
Anchura de las criptas, mm ^h	7.7	7.5	7.9	8.0	0.229	
Área de las vellosidades, mm ²	23507 ^j	21035 ^k	22553 ^k	24039 ^j	759.92	
Relación altura de las vellosidades/ profundidad de las criptas	16.0	15.5	14.6	15.8	0.751	

^a Mananooligosacáridos más un cultivo de levaduras.

^b Bacillus subtilis vivo.

^c EEM = Error estándar de la media.

^{d-e} Interacción MOS+CSc y Bs, P < 0.01.

^{f-g} Interacción MOS+CSc y Bs, P < 0.10.

^h MOS+CSc, P < 0.10.

ⁱ Bs, P < 0.05.

^{j-k} Interacción MOS+CSc y Bs, P < 0.05.