

ECOLOGIA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL: Efecto de Factores Nutricionales

Luis Sarmiento Franco
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Autónoma de Yucatán
fsarmien@uady.mx

El tubo digestivo del cerdo, en particular el intestino delgado, sirve de interfase entre el medio externo y el interno del animal; cumple funciones como digerir y absorber alimento y servir como barrera física e inmunológica contra materiales dañinos tales como microbios o macromoléculas alergénicas. Asimismo, presenta características que lo hacen un medio de cultivo adecuado para el establecimiento de ciertas poblaciones de bacterias, dado que de manera continua los sustratos son provistos para su mantenimiento y reproducción, ya sea mediante los alimentos ingeridos, los mucopolisacáridos del lumen intestinal o por medio de bacterias recicladas.

Se acepta que las bacterias nativas juegan un importante papel en la salud y nutrición del cerdo, ya que pueden prevenir que otras bacterias patógenas colonicen el tracto intestinal. De hecho, el tracto gastrointestinal del cerdo al nacimiento está libre de microorganismos, aunque después de algunas horas, debido a la exposición al ambiente, una gran población microbiana se desarrolla en él, en especial *Escherichia coli* y algunas especies de estreptococos y *Clostridium*, junto con algunos lactobacilos.

Después de algunas semanas, *E. coli* desciende en todo el tracto digestivo mientras que algunas bacterias anaerobias facultativas como lactobacilos y algunas especies de estreptococos colonizan el intestino, así como algunas estrictamente anaerobias, tales como *Bacteroides*, *Eubacterium* y *Clostridium*, siendo el amamantamiento, posiblemente el factor responsable de estos cambios.

El deficiente contenido de HCl en el estómago del cerdo recién nacido genera un alto pH inicial que permite a las bacterias del ambiente colonizar rápidamente el tracto. Conforme el cerdo madura, el pH del estómago se acidifica por la producción de ácido láctico, por lo que sólo se mantienen en el intestino bacterias ácido-tolerantes.

Una vez establecida la población de bacterias intestinales, ésta tiende a permanecer aún con el destete y el consecuente consumo de alimento sólido. La comunidad de bacterias en el colon puede estar formada por 400 a 500 diferentes genotipos y ser del orden de 10^{10} a 10^{11} bacterias por gramo, en base fresca.

La sección intestinal del ciego del cerdo alberga una gran cantidad y diversidad de bacterias estrictamente anaerobias, lo que es favorecido por el volumen y el contenido estático de la digesta en éste compartimiento. Lo mismo ocurre en el colon, debido a la baja tasa de pasaje de la digesta.

Características físicas de la dieta

Existen factores de índole nutricional que modifican la producción de compuestos orgánicos en el lumen intestinal, lo cual puede afectar la salud del ambiente digestivo y consecuentemente la del mismo animal como huésped. Las alteraciones en la dieta producen cambios en el ecosistema intestinal, es decir pueden modificar las poblaciones de bacterias capaces de usar sustratos específicos. No obstante, también se ha demostrado una gran variación en la población microbiana de muestras fecales de cerdos alimentados con la misma dieta; aún en humanos esta variación ha sido reportada.

El tamaño de partícula del alimento y su velocidad de entrada al lumen intestinal, se suman a los efectos anteriores para modificar el perfil de fermentación. Con un menor tamaño de partícula, se dispone de mayor superficie para el trabajo bacteriano, favoreciendo una mayor concentración de ácidos láctico y succínico, cuando su tasa de producción excede la tasa de absorción intestinal de los mismos. En este sentido, el efecto del procesamiento del alimento puede ser más importante que su composición química.

El uso de trigo extrudizado y la adición de enzimas fribrolíticas a la dieta contribuyen a reducir el riesgo de crecimiento de bacterias relacionadas con la disentería porcina, al mejorar la digestibilidad de la dieta y disminuir los sustratos fermentables en el colon, aunque en el caso de sorgo extrudizado, los resultados no fueron los esperados como en el caso del trigo.

Algunas características físicas del alimento influyen la susceptibilidad de los cerdos a la salmonelosis. La alimentación con partículas gruesas de alimento sin paletizar, incrementa las concentraciones de ácidos orgánicos y redujo el pH del estómago, en contraste con una dieta que consiste en partículas finas. El número total de bacterias anaeróbicas en el estómago de cerdos alimentados con partículas gruesas sin paletizar ha sido mayor que en cerdos alimentados con partículas finas o con dietas paletizadas; también se ha encontrado una mayor tasa de mortalidad de *Salmonella* entérica al incubarla en el contenido digestivo de los primeros cerdos. En contraste, en el intestino delgado, ciego y colon medio de los cerdos alimentados con partículas finas, se ha encontrado un mayor número de bacterias coliformes.

Fermentación de componentes de la dieta

La fermentación de carbohidratos en el estómago, ciego y colon, en especial la glucosa proveniente del almidón, produce metabolitos de bajo peso molecular tales como ácidos acético, propiónico, butírico y láctico. Este último, aunque poco eficiente en la producción de ATP, juega un importante papel en mantener la acidez del medio y evitar la invasión de bacterias patógenas.

La ingesta de carbohidratos altamente digestibles promueve la fermentación en las partes altas del tracto, mientras que la presencia de carbohidratos no digestibles como fibra promueve la fermentación en las partes bajas del tubo digestivo.

Las proporciones relativas de los ácidos grasos volátiles varían muy poco en las diferentes secciones del tracto, siendo 50% de acetato, 40 de propionato y 10% de butirato, mientras que el ácido láctico fluctúa de 5 a 10% en el tracto superior y de 1 a 2% en el tracto bajo.

Dietas que contienen hasta 15% de fibra no producen cambios importantes en la producción de ácidos orgánicos, sin embargo mayores contenidos de esta incrementan el número de especies fibrolíticas. Los ácidos orgánicos son absorbidos por el ciego y el colon y contribuyen al metabolismo como fuente de energía, pudiendo aportar hasta el 30% de los requerimientos de energía para mantenimiento en cerdos en crecimiento, mientras que en cerdas puede llegar hasta el 40%.

Dietas que contienen compuestos tales como xylosa-fructosa favorecen la acumulación de ácido succínico que eventualmente lleva a la inhibición de la secreción de las células epiteliales. Por otro lado, cuando la dieta contiene galactosa-sacarosa, se ha observado una mayor cantidad de ácidos grasos volátiles producidos. Es conocido el efecto de los ácidos grasos volátiles sobre el incremento de la masa de la mucosa y submucosa, así

como de del numero de células de la cripta, sin embargo el ácido láctico no tiene dichos efectos.

Lo anterior indica que la producción de ácidos grasos volátiles lleva a un balance entre la proliferación celular y su pérdida, constituyendo un importante mecanismo para mantener la masa normal de la mucosa intestinal. La colitis ulcerativa está asociada con problemas en el metabolismo del butirato, debido a deficiencia de éste o defectos en las vías metabólicas para su utilización.

El pH del lumen intestinal es otro factor determinante en la eventual producción de compuestos orgánicos: un pH menor que 6 lleva a un cambio en la producción de ácidos grasos volátiles sustituidos por ácido láctico, mientras que un pH menor que 5 llevaría al predominio de ácido succínico; no obstante, el efecto del pH va mas allá del cambio en la producción, pudiendo llevar a la acumulación de dichos compuestos cuando sus valores son menores a pH 4. Por lo anterior, resulta conveniente conservar el pH intestinal arriba de 6, si se pretende mantener la integridad del epitelio intestinal.

Se ha observado que dietas basadas en arroz cocido protegen a los cerdos contra disentería porcina, al igual que el uso de ácidos orgánicos, mientras que altos niveles de fibra dietética aumentan los riesgos. El posible mecanismo de tal efecto es que mayores cantidades de sustrato fermentable en el intestino modifican la microbiota intestinal que es sinérgica con *Brachyspira hyodysenteriae*.

El ecosistema microbial del cerdo responde rápidamente a cambios bruscos de la dieta, y también a infecciones de patógenos intestinales. La inclusión de polisacáridos distintos a los almidones solubles o de almidón resistente a la digestión, como sustratos rápidamente fermentables, produce cambios en la población microbial del intestino que favorece la proliferación de *Serpulina hyodysenteriae* y la consecuente aparición de disentería porcina.

Cuando se reduce la cantidad de polisacáridos no-almidones solubles y de almidón resistente a la digestión, es posible disminuir la incidencia y severidad de disentería porcina; este efecto ha sido asociado con una reducción en la fermentación y en el número de bacterias en el intestino grueso.

Un ejemplo evidente de lo anterior es que se logra una completa protección contra disentería porcina en cerdos infectados experimentalmente, alimentados con una dieta basada en arroz cocido y niveles mínimos de polisacáridos solubles no-almidones y de almidón resistente a la digestión. Mientras, cerdos cuya dieta se basó en trigo tuvieron una mayor población bacteriana que aquellos cuya dieta se basó en sorgo, relacionado ello probablemente con el mayor contenido de polisacáridos solubles no-almidones en el trigo.

Por otra parte, se ha reportado que inicialmente la flora gastrointestinal se reduce con niveles altos de fibra en la dieta aunque posteriormente dicha flora se adapta, restableciéndose particularmente la población celulolítica en forma más rápida en cerdos magros que en obesos. Así, parece ser que tanto la dieta como el genotipo deben influir en la población microbial del cerdo.

Por otra parte se ha evaluado el efecto de alimentar cerdos con alimento fermentado (pH <4.5, altas concentraciones de ácidos láctico, acético y butírico, y de lactobacilos), encontrándose un efecto positivo sobre la reducción de enterobacterias, tales como Salmonella y el aumento de lactobacilos.

En cuanto al metabolismo de proteínas, la microflora puede contribuir de manera importante al aporte de aminoácidos al animal, vía la absorción ileal. Cuando la proteína dietética es reducida, acompañada de suplementación con aminoácidos esenciales, se reduce la posibilidad de un efecto tóxico sobre la microflora por exceso de amoníaco, por lo que puede garantizarse la salud intestinal, particularmente en cerdos destetados. Mención importante merece el cuidado del aporte suficiente de aminoácidos, para no arriesgar el comportamiento productivo. La reducción en compuestos azufrados (aminoácidos) en el colon ha sido asociada también con colitis ulcerativa. Finalmente, con respecto a la inclusión de minerales y vitaminas en la dieta, se ha observado que la suplementación con selenio y vitamina E contribuyen a la resistencia contra disentería porcina, en particular con el primero. Los mecanismos de ello parecen estar relacionados con la mejora de la respuesta inmune y el reforzamiento de los mecanismos de defensa de la membrana mucosa del colon.

Probióticos y prebióticos

Otro aspecto importante es el uso de prebióticos como aditivos en la dieta de cerdos, que se definen en general como microorganismos vivos que benefician al animal que los ingiere mediante la mejora en el balance de su microflora intestinal (lactobacilos y bifidobacterias). Al respecto, se ha generado abundante literatura, aunque todavía se cuestionan algunos aspectos como su posible toxicidad.

En general, se considera que los mecanismos de acción de los prebióticos se llevan a cabo a) mediante la eliminación de bacterias patógenas, produciendo ácidos orgánicos, o mediante la competencia por nutrientes o sitios de colonización; b) a través de la producción de enzimas, o disminución de metabolitos como el amoníaco, o aminos., y c) por la estimulación del sistema inmune del animal huésped para la producción de anticuerpos.

Los oligosacáridos no-digestibles son probablemente los prebióticos más conocidos, y se caracterizan por ser resistentes a las enzimas del huésped, pero susceptibles, de manera selectiva, a la fermentación por la microflora intestinal. La mayoría de las bacterias patógenas no pueden fermentarlos, aunque, a manera de ejemplo, los fructanos son utilizados por bifidobacterias; y los fructooligosacáridos son mejor utilizados por lactobacilos. Lo anterior favorece el desarrollo de bacterias benéficas, por lo que tales oligosacáridos se consideran sustratos selectivos. Los oligosacáridos no-digestibles producen ácidos grasos volátiles, por lo que constituyen una fuente de energía para el huésped, y en cierta medida son considerados también como fibra dietética.

A manera de conclusión, el cuidado del ecosistema digestivo de cerdo mediante manejo nutricional, constituye una estrategia que preserva la salud del animal y hace más eficiente su producción al aprovechar mejor el alimento consumido.

Referencias

- Durmic, Z., Pethick, D.W., Pluske, J.R. & Hampson, D.J. (1998) Changes in bacterial population in the colon of pigs fed different sources of dietary fibre, and the development of swine dysentery after experimental infection. **Journal of Applied Microbiology** **85**: 574-582
- Leser, T.D., Lindecrona, R.H., Jensen, T.K., Jensen, B.B. & Møller, K. (2000) Changes in bacterial community structure in the colon of pigs fed different experimental

- diets and after infection with *Brachyspira hyodysenteriae*. **Applied and environmental microbiology** **66 (8): 3290-3296**
- Mikkelsen, L.L., Naughton, P.J., Hedemann, M.S. & Jensen, B.B. (2004) Effects of physical properties of feed microbial ecology and survival of *Salmonella enterica* serovar typhimurium in the pig gastrointestinal tract. **Applied and environmental microbiology** **70 (6): 3485-3492**
- Nyachoti, C.M., Omogbenigun, F.O., Rademacher, M & Blank, G. (2006) Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early-weaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science** **84: 125-134**
- Piva, A., Bach Knudsen, K.E. & Lindberg, J.E. (Eds) (2001) Gut environment of pigs. **Nottingham University Press. UK 260 pp.**
- Pluske, J.R., Siba, P.M., Pethick, D.W., Durmic, Z., Mullan, B.P., & Hampson, D.J. (1996) The incidence of swine dysentery in pigs can be reduced by feeding diets that limit the amount of fermentable substrate entering the large intestine. **Journal of Nutrition** **126: 2920-2933**
- Teige, J., Tollersrud, S, Lund, A & Larsen H.J. (1982) Swine dysentery: the influence of dietary vitaminE and selenium on the clinical and pathological effects of *Treponema hyodysenteriae* unfection in pigs. **Research in Veterinary Science** **32: 95-100**
- Varel, V.H., Pond, W.G., Pekas, J.C. & Yen, J.T. (1982) Influence of high-fiber diet on bacterial populations in gastrointestinal tracts of obese- and lean-genotype pigs. **Applied and environmental microbiology** **44 (1): 107-112**
- Winsen, van R.L., Urlings, B.A.P., Lipman, L.J.A., Snijders, J.M.A., Keuzenkamp, D., Verheijden, J.H.M & Knapen, van F. (2001) effect of fermented feed on the microbial population of the gastrointestinal tracts of pigs. **Applied and environmental microbiology** **67 (7): 3071-3076**