

El papel de la alimentación en el control de salmonella

La salmonelosis es una de las principales zoonosis de etiología bacteriana en los países desarrollados. Aunque los huevos, la carne de ave y sus derivados siguen siendo aún consideradas como la principal fuente de la infección, la carne de cerdo y sus productos constituyen igualmente el origen de un porcentaje importante de infecciones que según diversos estudios se sitúa entre el 10-15 % de los casos humanos de salmonelosis en Europa.

Eva Creus, Joseane Dos Santos y Susana Martín-Orúe. Grup de Nutrició, Maneig i Benestar Animal. Departament de Ciencia Animal i dels Aliments. Facultat de Veterinaria, Universitat Autonoma de Barcelona

STE hecho junto con la creciente demanda social de alimentos cada vez más seguros hizo que las autoridades europeas adoptaran medidas para la vigilancia y el control de agentes zoonoticos con la publicación de la normativa comunitaria referente a la vigilancia de las zoonosis y agentes zoonóticos en general (Directiva 2003/99/CE) y sobre el control de salmonela y otros agentes zoonóticos específicos transmitidos por los ali-(Reglamento CE nº mentos 2160/2003) en particular. El desarrollo de este reglamento ha llevado consigo la puesta en marcha durante este último año de estudios nacionales de prevalencia en nuestra cabaña porcina con el fin de conocer la situación actual en nuestro país y sentar así las bases para fijar un objetivo comunitario de reducción. De esta forma a finales del año 2009-principios del 2010, está previsto comiencen los Programas Nacionales de Control en cada estado con la obligada aplicación de medidas apropiadas para detectar y controlar la salmonela en el porcino de engorde.

Todo esto supone sin duda un gran reto para todo el sector porcino, que de una u otra forma se ve implicado en la búsqueda y el desarrollo de formas eficaces de control y reducción que nos ayuden a alcanzar los objetivos que se nos plantean.

Características generales de la infección

La salmonelosis es habitualmente una infección digestiva que se transmite por la via-fecal oral. La colonización del intestino se produce tras la ingestión de una dosis suficiente capaz de atravesar la acidez del estómago v alcanzar así el intestino. Una vez allí la bacteria es capaz de adherirse a la pared intestinal mediante las fimbrias de la pared bacteriana, invadiendo las células de la mucosa y diseminándose hacia los ganglios linfáticos. A pesar de que la vía oral es la principal vía de infección también se ha descrito la posibilidad de infección vía aérea a través de la inhalación de aerosoles o partículas de polvo contaminadas.

La dosis infectante varía con factores como el serotipo, la vía de infección, la edad del cerdo o su estado inmunitario, siendo las heces la vía más frecuente de eliminación y la de mayor importancia epidemiológica. Una vez en el medio exterior la salmonela tiene una elevada capacidad de superviviencia y de multiplicación, pudiendo permanecer en el ambiente de la explotación durante periodos prolongados de tiempo.

En el cerdo la salmonela puede ocasionar problemas clínicos, pero en la mayoría de los casos la presencia del patógeno no se asocia a ninguna sintomatología y pasa de forma desapercibida. Los animales portadores asintomáticos, pueden excretar de forma intermitente salmonelas en sus heces tras una activación de la bacteria acantonada en sus nódulos linfáticos. Son éstos animales portadores los principales responsables de la entrada del patógeno en el matadero y por tanto una de las fuentes de contaminación de las canales.

La epidemiología de la salmonelosis es compleja debido a su naturaleza ubicuitaria y a la posibilidad de entrada en cualquier punto de la cadena alimentaria. Este hecho obliga a la adopción de un planteamiento de control global e integral que tenga en cuenta todos los eslabones incluyendo fábricas de piensos, granjas, mataderos, salas de despiece, industria de transformación, distribución, etc..

La alimentación dentro de los planes de control

Centrando nuestra atención sobre el control de Salmonella dentro de la explotación porcina, sin duda será necesario reforzar todas aquellas medidas de bioseguridad que reduzcan, e idealmente eliminen, todas las fuentes de entrada del patógeno a la explotación como pueden ser la entrada de nuevos animales, el pienso, el agua, el personal, los animales silvestres...etc. En la situación actual de una elevada prevalencia de Salmonella en la mayoría de las granjas de nuestro país, no resulta realista hablar de erradicación de la salmonelosis, sino que debe hablarse de control, es decir, reducir todo lo posible su presencia en las explotaciones. Desde esta perspectiva, añadidas a todas las medidas de bioseguridad citadas anteriormente, cobran especial im

portancia aquellas acciones, que asumiendo una presencia inevitable del patógeno, nos ayuden a disminuir su propagación y proliferación dentro del rebaño. Entre las medidas de control que pueden ayudarnos a mejorar la resistencia de los animales a la infección destacan las estrategias de alimentación. En los siguientes apartados analizaremos con detalle aquellas propuestas que se han mostrado como más eficaces y que han despertado un mayor interés.

Tamaño de partícula y procesado del pienso

Contrariamente a lo que cabría esperar, diversos estudios epidemiológicos evidencian que los cerdos alimentados con pienso granulado son más susceptibles a Salmonella que los que son alimentados con harina grosera no tratada térmicamente (Kranker et al., 2001; Leontides et al., 2003; Lo Fo Wong et al., 2004b) a pesar de que el procesado mejora la higiene microbiológica del pienso. Las razones que podrían explicar estos efectos podrían estar relacio-

nadas con cambios en las caracteristicas fisico-quimicas de la digesta, así como en el medioambiente y dinámica gastrointestinal. Se ha descrito como la harina grosera promueve una estratificación del contenido estomacal (con una mayor separación de fases líquida y sólida) que podría promover cambios en la dinámica de vaciamiento gástrico e indirectamente en la acidificación del contenido estomacal. Burch (2004) describe que mientras con harina fina el pH del estómago tarda 5 horas en alcanzar valores por debajo de 2, con la harina grosera este tiempo se reduce a 2 horas. De este modo la harina grosera podría reforzar la barrera gástrica que impediría la colonización de tramos posteriores del intestino. Por otra parte estos cambios promovidos en el estómago por la harina grosera, parecen también promover un ambiente más favorable para el establecimiento de una población de bacterias ácido lácticas tanto en estómago como en tramos anteriores del intestino delgado con una mayor concentración de ácidos orgánicos y con O

La epidemiología de la salmonelosis es compleja debido a su naturaleza ubicuitaria y a la posibilidad de entrada en cualquier punto de la cadena alimentaria. Esto obliga a un control global e integral en todos los eslabones



un menor número de enterobacterias (Hansen et al, 2003, Mikkelsen et al., 2004, Canibe el al., 2005). Un ambiente que previsiblemente dificultaría el crecimiento de Salmonella. Igualmente una mayor presencia de substrato fermentable en forma de almidón resistente asociado al mayor tamaño de partícula, podría también promover cambios en la fermentación en tramos posteriores del intestino que dificultarían el crecimiento del patógeno (Kjeldsen y Dahl, 1999). Por otro lado la harina grosera también podría tener un efecto sobre la estructura de la mucosa intestinal. Diversos autores describen incrementos en la profundidad de criptas y un cambio en la composición de las mucinas que podría disminuir la adhesión de Salmonella al epite-

No obstante pese a las ventajas atribuidas a la harina grosera frente a la salmonela, los inconvenientes económicos y productivos ligados al empeoramiento de la digestibilidad y de los índices de conversión desaconsejan su utilización como herramienta de control. Intentos de incrementar el tamaño de partícula previo al granula-

lio intestinal (Brunsgaard, 1998).

do no han conseguido los mismos efectos contra salmonela que los que se observan con la harina grosera (Hansen 2004).

Alimentación líquida fermentada

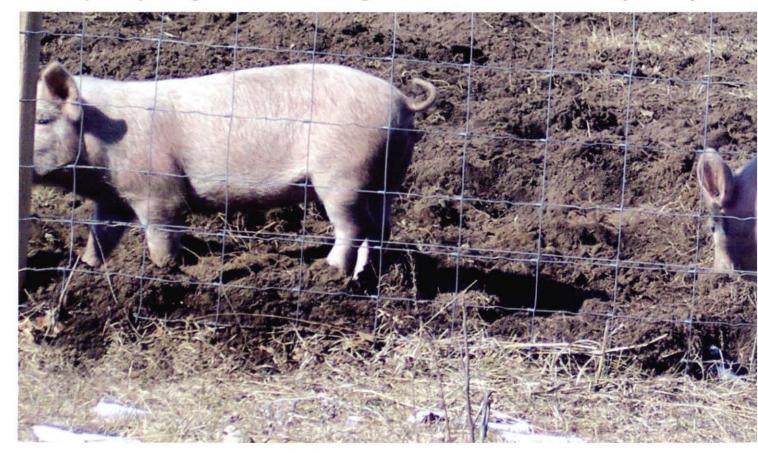
La alimentación líquida fermentada parece tener un efecto protector frente a Salmonella y así diversos estudios describen menores niveles de seroprevalencia en granjas de engorde que utilizan este sistema de alimentación (van der Wolf et al., 1999, Lo Fo Wong et al., 2004a, Farzan et al., 2006)

Este efecto protector ha sido atribuido a la elevada concentración de ácidos orgánicos en este tipo de alimentos resultantes de la fermentación. Los ácidos láctico y acético, producidos la población mayoritaria de bacterias ácido lácticas, conseguirían reducir el pH del tramo proximal del tracto gastrointestinal, promoviendo un ambiente desfavorable para el crecimiento de enterobacterias (van Winsen et al., 2002, Canibe y Jensen, 2003). En concreto algunos trabajos definen descensos del pH medio del estómago y también un descenso en la densidad de coliformes a lo largo de todo del tracto

digestivo de los animales (van Winsen et al., 2001, Brooks et al., 2005).

Por otra parte, la propia población de bacterias lácticas presentes en el alimento, podría también contribuir a controlar la proliferación de microorganismos patógenos tanto en la dieta como en el tracto digestivo de los animales (van Winsen et al., 2001, Canibe and Jensen, 2003b). Otra explicación argumentada por algunos autores radicaría en la limitada presencia de carbohidratos fácilmente fermentables que habrían sido previamente fermentados en el alimento. Esta limitación conllevaría una reducción del crecimiento microbiano en tramos anterioriores del TGI, con un menor riesgo de proliferación de patógenos (Jensen and Mikkelsen, 1998).

A pesar de los buenos resultados productivos que en general se atribuyen a este tipo de sistemas, sus principales inconvenientes son la exigencia de una importante inversión inicial, un mayor grado de tecnificación y la corta vida útil de la mayor parte de los subproductos líquidos. Todo ello que hacen que un planteamiento de este tipo sólo sea rentable en explotaciones por-



Diversos estudios sugieren que la administración de ácidos orgánicos a través de la dieta, contribuyen a la reducción del número de enterobacterias a lo largo del tracto digestivo

cinas de gran tamaño (van der Wolf et a., 2001b) y en situaciones muy particulares.

Acidificación del pienso y/o del agua de bebida

Como alternativa a las dietas líquidas fermentadas, la incorporación directa de ácidos orgánicos en el alimento o en el agua de bebida, puede resultar efectiva no solamente por su actividad antimicrobiana en el pienso sino también por sus efectos en el tracto gastrointestinal de los animales. Diversos estudios sugieren que la administración de ácidos orgánicos a través de la dieta, contribuyen a la reducción del número de enterobacterias a lo largo del tracto digestivo (Canibe et al., 2001, Knarreborg et al., 2002; Jensen et al., 2003) y presumiblemente por tanto podrían tener un efecto inhibidor sobre Salmonella

La cantidad y el tipo de ácidos a añadir en las dietas es un elemento fundamental a considerar dependiendo de los objetivos que persigamos. Si bien niveles de ácido por debajo del 3 Kg/Tm son los recomendados con el objetivo de conservar materias primar y piensos, en general se necesitan niveles de inclusión más elevados para conseguir cambios en el medioambiente intestinal de los animales. Según Jensen et al., (2003) son necesarios niveles entre 15-20 Kg/Tm para poder detectar un incremento de ácidos en el estómago y a lo largo del intestino delgado. Según estos mismos autores, la combinación de 7 Kg/Tm de ácido fórmico y 7 Kg/Tm de láctico resultaría efectiva para reducir la población de coliformes. Por lo que respecta al uso de ácidos en el control de Salmonella, estudios de campo en los que se incorporó fórmico y lactico a niveles

de inclusión de 4 Kg/Tm de cada ácido demostraron descensos significativos en los niveles de seroprevalencia de los animales que llegaban a matadero, tras un periodo de administración de 8-9 semanas antes del sacrificio (Creus et al., 2007). Otros autores (Jorgensen et al., 2001) también demostraron descensos en la excreción fecal en lechones tras la inclusión de 28 Kg/Tm de láctico en las dietas.

Se han buscado diversas explicaciones a los efectos de los ácidos sobre Salmonella. Diversos autores atribuyen su efectividad a un refuerzo de la barrera gástrica frente a la entrada de la bacteria (Hansen et al., 2007). La acción bactericida-bacteriostática de los acidificantes a nivel estomacal contribuiría así a reducir la colonización del intestino por parte del patógeno. El efecto del ácido sobre Salmonella no se basaría únicamente en una reducción del pH del medio gástrico (efecto en muchas ocasiones limitado), sino también en la capacidad de estos ácidos en reducir el pH dentro del organismo bacteriano. Las formas no disociadas del ácido son capaces de atravesar la membrana de la bacteria y una 0



vez dentro (donde el pH es más alto) disociarse liberando de esta forma protones y reduciendo el pH intracelular (Roth, 2000).

Los ácidos orgánicos pueden también administrarse en forma de sal. La utilización de sales de potasio, calcio o sodio, tiene como principal ventaja su mayor facilidad de manejo y dosificación, así como ser menos corrosivas y vólatiles volátiles que los ácidos libres. Las sales también han demostrado ser capaces de promover cambios positivos en la microbiota intestinal. Así por ejemplo Øverland et al. (2000) observaron una disminución de los coliformes en duodeno, yeyuno y recto de cerdo de engorde tras la inclusión de un 12 Kg/Tm de diformiato potásico en el pienso. En relación a su efecto sobre Salmonella, la combinación de un pienso granulado con tamaño de partícula grosera, con un 12 Kg/Tm de diformiato potásico, fue efectiva reduciendo el periodo de excreción fecal de Salmonella en lechones infectados experimentalmente (Papenbrock et al., 2005).

Otra posibilidad es administrar los ácidos orgánicos a través del agua de bebida. Según van der Wolf et al.,

(2001a), la administración de una mezcla ácida al 0.2 % en el agua es capaz de reducir los niveles de seroprevalencia de Salmonella en cerdos de engorde. Sin embargo la eficacia de añadir ácidos en el agua probablemente dependa del tipo de mezcla ácida así como la dosis a la que se administra. Otros trabajos administrando niveles más reducidos (0,1 % de fórmico) no fueron capaces de demostrar ningún efecto preventivo (Hansen et al., 1999). Añadir finalmente que la incorporación de los ácidos en el agua de bebida puede tener como principal inconveniente el incremento en las obturaciones y corrosión de los bebederos.

Los resultados disponibles hasta el momento apuntan por tanto a que la inclusión de acidificantes a dosis elevadas en los piensos (por encima de 8 kg/Tm) así como en el agua de bebida, puede resultar efectiva para reducir la prevalencia de Salmonella fundamentalmente en explotaciones con un nivel medio-alto de infección. Es necesario no obstante disponer de más estudios que nos permitan determinar mezclas, dosis y formas de administración óptimas para conseguir un balance coste-efectividad satisfactorio.



Probióticos

Otra de las estrategias a considerar en el control de Salmonella es la administración de probióticos. Los probióticos son microorganismos viables (normalmente bacterias ácido-lácticas aunque también levaduras y otras especies) que suplementados en la dieta en cantidades adecuadas afectan beneficiosamente al animal al mejorar el equilibrio de su flora intestinal (Fuller et al., 1989). Si bien esta práctica se encuentra más extendida dentro del sector de la avicultura, su utilización en porcino también ha sido descrita con resultados prometedores. En concreto la inclusión de cultivos bacterianos en las dietas de lechones recién destetados ha conseguido reducir la excreción fecal de Salmonella, así como el recuento de patógenos en el contenido del ciego y colon (Ferdorka-Cray et al., 1999; Genovese et al., 2003).

El efecto inhibitorio de las cepas probióticas podría explicarse por diversos mecanismos que en su conjunto se han denominado de exclusión competitiva. Podría estar basado en una competición por los receptores presentes en la mucosa (Collado et al., 2007). También, podría deberse a la secreción, por parte de los microorganismos probióticos, de sustancias antimicrobianas conocidas como bacteriocinas o por sus productos de fermentación como el ácido láctico que dificultaria el crecimiento de posibles patógenos (Favol-Messaoudi et al., 2005, de Keersmaecker et al., 2006, Liévin-Le Moal et al., 2006). Sin descartar un efecto inmunoestimulador tanto a nivel de la mucosa intestinal como sistémico (Cross, 2004). La capacidad de algunos microorganismos y particularmente de diferentes cepas de los géneros Lactobacillus y Bifidobacteria aislados del tracto digestivo porcino ha sido demostrada en diferentes estudios (Gusils et al., 2002, Casey et al., 2004; Tsai et al., 2005, Lin et al., 2007).

Sin embargo una de las limitaciones actuales en la incorporación de probióticos en los piensos, es la de mantener su viabilidad durante el proceso de fabricación y almacenaje. Por ese motivo la selección actual de cepas probióticas muchas veces se realiza en



función de la capacidad de esporular y no tanto por su efectividad (de Angelis et al., 2006). En la actualidad se están desarrollando diferentes tecnologías de encapsulación (Kailasapathy, 2000) que podrían permitir diseñar productos con una mayor eficacia en un futuro próximo.

Prebióticos

La presencia en el intestino de bacterias beneficiosas también puede promoverse mediante la incorporación de prebióticos en la dieta. Los prebióticos son ingredientes (básicamente carbohidratos) no digestibles por las enzimas propias del animal y que llegan por tanto intactos a tramos posteriores del intestino promoviendo el crecimiento selectivo de algunos grupos concretos de bacterias (normalmente lactobacilos y bifidobacterias) consideradas beneficiosas. Por otro lado algu-

nos compuestos prebióticos, podrían también ejercer su acción frente Salmonella bloqueando sus elementos de adhesión al epitelio intestinal mayoritariamente localizados en sus fimbrias (Naughton et al., 2001).

Los prebióticos utilizados hasta la fecha que han demostrado in vitro o in situ mayor actividad protectora frente a Salmonella en cerdos incluyen fructo-oligosacáridos (FOS), galacto-oligosacáridos (GOS) y manano-oligosacáridos (MOS) (Naughton et al., 2001; Burkey et al., 2002; Tzortzis et al., 2005). En modelos animales de infección experimental Letellier et al. (2000) también demostraron descensos en la excreción fecal de Salmonella tras la incorporación de FOS en el agua de bebida. No obstante la información disponible hasta la fecha es muy limitada y se necesitan más estudios que evalúen la eficacia de estos

compuestos como herramienta de control de salmonela en las explotaciones porcinas.

Prácticas de alimentación previas a matadero

Con el fin de reducir la presencia de Salmonella en el contenido intestinal de los animales que llegan a matadero se han propuesto algunas prácticas de alimentación que incluyen la utilización de ciertos aditivos en el agua de bebida durante las horas previas al envío a matadero, así como el manejo del ayuno antemorten.

A nivel experimental, la inclusión de clorato potásico en el agua de bebida entorno a 24 horas previas a matadero, ha sido propuesta como una estrategia de intervención para reducir la concentración de Salmonella en los animales (Anderson et al., 2004). La acción de este compuesto se basa en la actividad nitrato reductasa respiratoria de enterobacterias como Salmonella, que reducen a nivel intracelular el clorato a clorito con actividad citotóxica. Sin embargo este tipo de propuestas se encuentran todavía en fase ()

A nivel experimental, la inclusión de clorato potásico en el agua de bebida 24 horas previas a matadero, ha sido propuesta como una estrategia de intervención para reducir la concentración de Salmonella en los animales experimental y necesitarían más estudios y una regulación a nivel legislativo previa antes de poder incorporarse en la práctica.

El ayuno antemorten, más o menos prolongado, también ha sido objeto de discusión en relación a sus efectos sobre la proliferación de Salmonella a nivel del tracto gastrointestinal. Generalmente se recomiendan ayunos prolongados por sus efectos sobre la calidad de la canal, (reduciendo el porcentaje de canales PSE) y también por disminuir el peso del tracto digestivo, disminuvendo los residuos en matadero y facilitando el eviscerado con un menor riesgo de la ruptura accidental del estómago o los intestinos (Miller et al., 1997). Sin embargo tiempos de ayuno prolongado podrían también provocar un mayor estrés en los animales que favoreciera la proliferación de salmonelas acantonadas en los ganglios linfáticos (Berends et al., 1996). Por otro lado una flora microbiana intestinal debilitada por una carencia de alimento fermentable podría también favorecer la proliferación del patógeno. Algunos estudios apuntan hacia cambios en el medioambiente intestinal conforme se prolonga el ayuno de 18 a 30 h con reducciones en el pH cecal, en la concentración de AGVs e incrementos en la población de coliformes con descensos de los lactobacillos (Martin-Peláez et al., 2007). Los trabajos disponibles hasta la fecha que analizan el efecto del ayuno sobre la prevalencia de salmonela en los animales que llegan a matadero no son del todo concluyentes. Así mientras algunos trabajos encuentran incrementos en la presencia de Salmonella ciego conforme se prolongan las horas de ayuno de 0 a 24 horas (Issacson et al., 1999), otros trabajo no encuentran diferencias comparando periodos de 12 y 24 horas (Morrow wt al., 2002). Sería interesante disponer de más estudios que confirmaran la efectividad de estas medidas y que optimizasen si fuera preciso los tiempos que permitan una mayor eficacia minimizando los inconvenientes anteriormente mencionados. De ser eficaz, el manejo del ayuno podría ser una estrategia de fácil aplicación y mínimo coste.

Vemos por tanto, por todo lo ex-



puesto, que las posibilidades de control de Salmonella a través de la alimentación pueden ser prometedoras y deber ser por tanto consideradas dentro de cualquier plan integral de control. Sin embargo, nuestro conocimiento de la dinámica de la enfermedad y de los mecanismos mediante los cuales el alimento puede ejercer su acción son todavía muy limitados. La disponibilidad de un mayor número de estudios nos permitirá modelizar y predecir la eficacia de cada una de las estrategias para poder racionalizar su uso en cada situación particular.

Bibliografía

- Anderson, R. C., M. E. Hume, K. J. Genovese, T. R. Callaway, Y. S. Jung, T. S. Edrington, T. L. Poole, R. B. Harvey, K. M. Bischoff, and D. J. Nisbet. 2004. Effect of drinkingwater administration of experimental chlorate ion preparations on Salmonella enterica serovar Typhimurium colonization in weaned and finished pigs. Vet. Res. Commun. 28:179–189.
- Berends, B. R., H. A. Urlings, J. M. Snijders, and F. van Knapen. 1996. Identification and quantification of risk factors in animal management and

transport regarding Salmonella spp. in pigs. Int. J. Food Microbiol. 30:37-53.

- Brooks, P.H., Sofronidou, S., y Beal, J.D. 2005. The effect on biological performance and faecal microbiology of feeding finishing pigs on liquid diets fermented with lactic acid bacteria. 6th International Symposium on the Epidemiology & Control of Foodborne Pathogens in Pork. 149-151.
- Brunsgaard, G. 1998. Effects of cereal type and feed particle size on morphological characteristics, epithelial cell proliferation, and lectin binding patterns in the large intestine of pigs. Journal of Animal Science. 76: 2787-2798.
- Burch, D. 2004. Salmonella control via the stomach. Pig International. 34: 14-17.
- Burkey, T. E., Dritz, S. S., Nietfeld, J. C., Johnson, B. J. & Minton, J. E. 2002. Effect of dietary mannanoligosaccharide (MOS) and sodium chlorate (CHL) on insulin-like growth factor 1 (IGF-1) in weaned pigs challenged with Salmonella enterica serotype typhimurium (ST). Faseb Journal 16, A970.
- Canibe, N., and B. B. Jensen. 2003. Fermented and nonfermented liquid

- Canibe, N., S. H. Steien, M. Øverland, and B. B. Jensen. 2001. Effect of K-diformate in starter diets on acidity, microbiota, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. J. Anim. Sci. 79:2123-2133.
- Canibe, N., O. Højberg, S. Højsgaard, and B. B. Jensen. 2005. Feed physical form and formic acid addition to the feed affect the gastrointestinal ecology and growth performance of growing pigs. J. Anim. Sci. 83:1287-1302.
- Casey, P.G., Casey, G.D., Gardiner, G.E., Tangney, M., Stanton, C., Ross, R.P., Hill, C., Fitzgerald, G.F. 2004. Isolation and characterization of anti-Salmonella lactic acid bacteria from the porcine gastrointestinal tract. Lett. Appl. Microbiol. 39:431-438.
- Collado, M.,C., Grezeskowiak, L., Salminen, S. 2007. Probiotic strains and their combination inhibit in vitro adhesion of pathogens to pig intestinal mucosa. Current Microbiol. 55: 260-265.
- Creus, E., Pérez, J.F., Peralta, B., Baucells, F., Mateu, E. 2007. Effect of acidified feed on the prevalence of Salmonella in market-age pigs. Zoonoses Public Health. 54:314-319.
- Cross, M. L. 2004. Immune-signalling by orally-delivered probiotic bacteria: Effects on common mucosal immunoresponses and protection at distal mucosal sites. International Journal of Immunopathology and Pharmacology 17, 127-134.
- De Angelis, M., Siragusa S, Berloco M, Caputo L, Settanni L, Alfonsi G, Amerio M, Grandi A, Ragni A, Gobbetti M. 2006. Selection of potential probiotic lactobacilli from pig feces to be used as additives in pelleted feeding. Research in Microbiology 157, 792-801.
- De Keersmaecker, S. C. J. et al. Strong antimicrobial activity of Lactobacillus rhamnosus GG against Salmonella typhimurium is due to accumulation of lactic acid. 2006. Fems Microbiology Letters 259, 89-96.
- Farzan, A., R. M. Friendship, C. E.

- Dewey, K. Warriner, C. Poppe, and K. Klotins. 2006. Prevalence of Salmonella spp. on Canadian pig farms using liquid or dry-feeding. Prev. Vet. Med. 73:241-254.
- Fayol-Messaoudi, D., Berger, U. N., Coconnier-Polter, M. H., Lievin-Le Moal, V. & Servin, A. L. 2005. pH-, lactic acid-, and non-lactic acid-dependent activities of probiotic lactobacilli against Salmonella enterica serovar typhimurium. Appl. Environ. Microbiol. 71, 6008-6013.
- Fedorka-Cray, P.J., Bailey, J.S., Stern, N.J., Cox, N.A., Ladely, S.R., y Musgrove, M. 1999. Mucosal competitive exclusion to reduce Salmonella in swine. Journal of Food Protection. 62: 1376-1380.
- Fuller, R. 1989. Probiotics in Man and Animals. Journal of Applied Bacteriology 66, 365-378.
- Genovese, K. J., R. C. Anderson, R. B. Harvey, T. R. Callaway, T. L. Poole, T. S. Edrington, P. J. Fedorka-Cray, and D. J. Nisbet. 2003. Competitive exclusion of Salmonella from the gut of neonatal and weaned pigs. J. Food Prot. 66:1353-1359.
- Gusils, C., Bujazha, M., González, S. 2002. Preliminary studies of desing a probiotic for use in swine feed. Interciencia 27: 409-413.
- Hansen, C. F., L. Jorgensen, J. Dahl, and N. Kjeldsen. 1999. Effect of formic acid in drinking water on the incidence of Salmonella in growing-finishing pigs. Proceedings of the 3rd International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Washington DC, USA, 299-300.
- Hansen, C.F., Riis, A.L., Bresson, S., Hojbjerg, O., y Jensen, B.B. 2007. Feeding organic acids enhances the barrier function against pathogenic bacteria of the piglet stomach. Livestock Science. 108: 206-209.
- Hansen, C. F., L. L. Mikkelsen, K. E. Bach Knudsen, and B. Jensen. 2003. The stomach acts as a barrier against Samonella in pigs fed a meal diet. Proceedings of the 5th International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Heraklion-Grete, Greece, 130-132.
- Hansen, C. F. 2004. Effect of feed form, potato protein concentrate,

- dried sugar beet pulp and zinc gluconate on Salmonella gastrointestinal conditions and performance in finishers. Tesis doctoral. The Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen.
- Isaacson, R.E., R.M. Wiegel, L.D. Firkins and P. Bahnson. 1999. The effect of feed withdrawal on the shedding of Salmonella Typhimurium by swine. In P.B. Nahnson (ed.), Control of Salmonella in pork. Proceedings of the 3rd International Symposium on Epidemiology. University of Illinois, Urbana-Champaign. P. 296.
- Jensen, B.B. y Mikkelsen, L.L. 1998. Feeding Liquid Diets. In: Recent Developments in Pig Nutrition 3. 2001: 379-398.
- Jensen, B. B., O., Højberg, L. L. Mikkelsen, S. Hedeman, and N. Canibe. 2003. Enhancing intestinal function to treat and prevent intestinal disease. 9th International Symposium on Digestive Phisology in Pigs, Alberta, Canada, (1):103-119.
- Jorgensen, L., H. D. Kjærsgaard, H. Wachamann, B. Jensen, and B. Knudsen. 2001. Effect of pelleting and use of lactic acid in feed on Salmonella prevalence and productivity in weaners. Proceedings of the 4th International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Leipzig, Germany, 109-111.
- Kailasapathy, K. 2002. Microencapsulation of probiotic bacteria: technology and potential applications. Curr Issues Intest Microbiol. 3:39-48.
- Kjeldsen, N. y Dahl, J. 1999. The effect of feeding non-heat treated, non-pelleted feed compared to feeding pelleted, heat-treated feed on the Salmonella prevalence of finishing pigs. Proceedings of the Third International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork. Washington, D.C: 313-316.
- Knarreborg, A., N. Miguel, T. Granli, and B. B. Jensen. 2002. Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. Animal Feed Sci. Technol. 99:131-140.
- Kranker, S., J. Dhal, and A. Wingstrand. 2001. Bacteriological and sero- ◊

- Dogical examination and risk factor analysys of Salmonella occurrence in sow herds, including risk factors for high Salmonella seroprevalence in receiver finishing herds. Proceedings of the 4th International Symposium on the Epidemiology and Control of Salmonella in Pork, Leipzig, Germany, 230-236.
 - Liévin-Le Moal, V. and Servin, A. L. 2006. The front line of enteric host defence against unwelcome intrusion of harmful microorganisms: Mucins, antimicrobial peptides, and microbiota. Clinical Microbiology Reviews 19, 315-337.
 - Lin, W.H., Yu, B., Jang, S.H., Tsen, H.Y. 2007. Different probiotic properties for Lactobacillus fermentum strains isolated form swine and poultry. Anaerobe 13; 107-113.
 - Leontides, L. S., E. Grafanakis, and C. Genigeorgis. 2003. Factors associated with the serological prevalence of Salmonella enterica in Greek finishing swine herds. Epidemiol. Infect. 131:599-606.
 - Letellier, A., S. Messier, L. Lessard, and S. Quessy. 2000. Assessment of various treatments to reduce carriage of Salmonella in swine. Can. J. Vet. Res. 64:27-31.
 - Lo Fo Wong, D. M., J. Dahl, H. Stege, P. J. van der Wolf, L. Leontides, A. Von Altrock, and B. M. Thorberg. 2004a. Herd-level risk factors for subclinical Salmonella infection in European finishing-pig herds. Prev. Vet. Med. 62:253-266.
 - Lo Fo Wong, D. M., J. Dahl, A. Wingstrand, P. J. van der Wolf, A. A. von, and B. M. Thorberg. 2004b. A European longitudinal study in Salmonella seronegative- and seropositiveclassified finishing pig herds. Epidemiol. Infect. 132:903-914.
 - Martin-Peláez, S., Creus, E., Peralta, B., Pérez, J.F., Mateu, E., Martín-Orúe, S.M. 2007. Effect of feed withdrawal times prior to slaughter on cecal fermentation and Salmonella shedding at the abattoir. J.Anim. Sci. 85 (Suppl. 1). Abstract M88
 - Mikkelsen, L. L., P. J. Naughton, M. S. Hedemann, and B. B. Jensen. 2004. Effects of physical properties of feed on microbial ecology and survival of Salmonella enterica serovar

- Typhimurium in the pig gastrointestinal tract. Appl. Environ. Microbiol. 70:3485-3492.
- Miller M.F., Carr M.A., Bawcom B.D., Ramsey C.B., and Thompson L.D. 1997. Microbiology of pork carcasses from pigs with differing origins and feed withdrawal times. J. Food Prot. 60:242-245.
- Morrow, W. E., M. T. See, J. H. Eisemann, P. R. Davies, and K. Zering. 2002. Effect of withdrawing feed from swine on meat quality and prevalence of Salmonella colonization at slaughter, J. Am. Vet. Med. Assoc. 220:497-502.



- Naughton, P. J., Mikkelsen, L. L. & Jensen, B. B. 2001. Effects of nondigestible oligosaccharides on Salmonella enterica serovar typhimurium and nonpathogenic Escherichia coli in the pig small intestine in vitro. Applied and Environmental Microbiology 67, 3391-3395.
- Øverland, M., T. Granli, N. P. Kjos, O. Fjetland, S. H. Steien, and M. Stokstad. 2000. Effect of dietary formates on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. J. Anim. Sci. 78:1875-1884.
- Papenbrock, S., K. Stemme, G. Amtsberg, J. Verspohl, and J. Kamphues. 2005. Investigations on prophylactic effects of coarse feed structure and/or potassium diformate on the microflora in the digestive tract

- of weaned piglets experimentally infected with Salmonella Derby. J. Anim Physiol Anim. Nutr. (Berl) 89:84-87.
- Roth, F.X. 2000. Ácidos orgánicos en nutrición porcina: eficácia y modo de acción. XVI Curso de Especialización FEDNA. 169-181
- Tsai, C. C., Hsih, H.Y., Chiu, H.H., Lai, Y.Y., Liu, J.H., Yu, B., Tsen, H.Y. 2005 Antagonistic activity against Salmonella infection in vitro and in vivo for two Lactobacillus strains from swine and poultry. International Journal of Food Microbiology 102, 185-194.
- Tzortzis, G., Goulas, A. K., Gee, J. M. & Gibson, G. R. 2005. A novel galactooligosaccharide mixture increases the bifidobacterial population numbers in a continuous in vitro fermentation system and in the proximal colonic contents of pigs in vivo. Journal of Nutrition 135, 1726-1731. van der Wolf, P. J., J. H. Bongers, A.
- R. Elbers, F. M. Franssen, W. A. Hunneman, A. C. van Exsel, and M. J. Tielen. 1999. Salmonella infections in finishing pigs in The Netherlands: bacteriological herd prevalence, serogroup and antibiotic resistance of isolates and risk factors for infection. Vet. Microbiol. 67:263-275.
- van der Wolf, P. J., F. W. van Schie, A. R. Elbers, B. Engel, H. M. van der Heijden, W. A. Hunneman, and M. J. Tielen. 2001a. Administration of acidified drinking water to finishing pigs in order to prevent Salmonella infections. Vet. Q. 23:121-125.
- van der Wolf, P. J., W. B. Wolbers, A. R. Elbers, H. M. van der Heijden, J. M. Koppen, W. A. Hunneman, F. W. van Schie, and M. J. Tielen. 2001b. Herd level husbandry factors associated with the serological Salmonella prevalence in finishing pig herds in The Netherlands. Vet. Microbiol. 78:205-219.
- van Winsen R. L., L. J. Lipman, S. Biesterveld, B. Urlings, J. Snijders, and F. vanKnapen. 2001. Mechanism of Salmonella reduction in fermented pig feed. J. Sc. Food Agric. 81:342-346.
- van Winsen, R. L., D. Keuzenkamp, B. A. Urlings, L. J. Lipman, J. A. Snijders, J. H. Verheijden, and F. van Knapen. 2002. Effect of fermented feed on shedding of Enterobacteriaceae by fattening pigs. Vet. Microbiol. 87:267-276.