

Modo de acción de los acidificantes e interés que generan en la fase de crecimiento y finalización

“El estudio de lo causado debe preceder al estudio de las causas”

Sir William Osler

INTRODUCCIÓN

Los antibióticos se han utilizado durante décadas –y se continúan usando hasta la fecha– como promotores del crecimiento en las industrias avícola y porcina. Es una realidad que tales productos han hecho posible el desarrollo de la producción a escala industrial y ha dado acceso al consumidor a productos de origen animal de buena calidad y a precios alcanzables (cuadro 1).

Sin embargo, esta situación ha cambiado rápidamente en los últimos años, pues las técnicas de producción han evolucionado, la eficacia de los antibióticos ha disminuido, la percepción del consumidor ha cambiado y –más importante aún– han surgido problemas de resistencia bacteriana a los antibióticos (reales o previstos) y esto ha instigado reacciones entre las autoridades políticas y médicas en muchos países.

La prohibición del uso de la mayoría de los antibióticos promotores del crecimiento ha dejado un gran vacío en la producción animal, por lo que ahora los granjeros y los fabricantes de alimentos balanceados están recibiendo numerosas propuestas de productos para reemplazarlos.

Durante más de 20 años se han usado los ácidos orgánicos en el alimento de los lechones para mejorar su rendimiento zootécnico y para prevenir ciertos problemas digestivos, especialmente en el período posterior al destete.

A la fecha, el enfoque de los ácidos orgánicos es, con mucho, el más popular y está generando interés en la fase de crecimiento y finalización. Una mejor comprensión del modo de acción de los ácidos orgánicos. Nos permitirá usarlos correctamente y mejorar su eficacia en la producción animal.

ÁCIDOS ORGÁNICOS

Una Alternativa Viable y Efectiva

Innumerables estudios, pruebas y –sobre todo– resultados de su uso a gran escala, muestran que los ácidos constituyen la principal alternativa en sustitución de los antibióticos promotores del crecimiento en la producción porcina, cuando menos hasta ahora (10, 11, 21, 22, 26, 30, 32).

Los ácidos orgánicos se han usado principalmente en los lechones al destete, pero debido a la prohibición de la mayoría de los antibióticos promotores del crecimiento en la Unión Europea, ha resurgido el interés de administrarlos también durante el período de crecimiento y finalización.

¿Es posible reemplazar adecuadamente a los antibióticos promotores del crecimiento? Muchos están tratando de resolver esta cuestión más desde el punto de vista económico que zootécnico (9, 13).

Al revisar lo ocurrido durante años, los ácidos orgánicos han desempeñado el papel que esperábamos de ellos (21, 22, 30). Los números muestran que este enfoque da los resultados más interesantes y más constantes.

Otras alternativas se encuentran en los primeros pasos de su desarrollo, pero existen algunas opciones interesantes que vale la pena intentar.

Modos de acción mejor conocidos

Al principio la ecuación era sencilla. En los lechones, los ácidos orgánicos disminuyen el pH del contenido del tracto digestivo y de esto derivan todos sus efectos: Reducción de la diarrea, mayor consumo de alimento, mejor ganancia diaria de peso y mejor conversión alimenticia.

Algunas personas continúan explicando los efectos de los ácidos orgánicos con base en su actividad fisiológica en cerdos.

- Menor pH:

Muchos estudios demuestran (7, 22, 28, Piva, comunicación personal) que es prácticamente imposible modificar de manera significativa el nivel de pH del estómago y el intestino del cerdo, incluso con la utilización de cantidades masivas de ácidos orgánicos (de 10 a 30 Kg/Tonelada de alimento).

Se ha demostrado que las sales de los ácidos orgánicos también tienen cierta eficacia (7, 30) pero siempre a altos niveles de inclusión, sin modificar el pH gastrointestinal.

Los ácidos inorgánicos no generan efectos significativos (30) ni siquiera con altos niveles de inclusión.

- Vaciado del contenido estomacal:

El vaciado del contenido gástrico hacia el duodeno, depende del volumen de alimento y del pH existente en la región pilórica. A la luz de lo dicho en el último párrafo esta hipótesis no es válida, pues la capacidad amortiguadora del alimento tiene una influencia mucho mayor que la de cualquier tipo de acidificación (5, 8, 22).

- Digestibilidad y retención de nutrimentos:

En los cerdos de mayor edad –más que en los lechones– muchos investigadores han informado un mejoramiento en la digestibilidad total aparente de los nutrimentos (4, 18, 19, 21, 32) en lo referente a proteínas, algunos aminoácidos y energía. Una vez más, el resultado varía dependiendo de los ácidos orgánicos usados, de sus niveles de inclusión (de 6 a 30 Kg/tonelada) y de otros parámetros de la fórmula.

La absorción y la retención de los minerales (particularmente calcio y fósforo) mejoran con el uso de ácidos orgánicos (Klopfenstein, comunicación personal) (18). Con respecto a otros minerales los resultados a veces son contradictorios. El contenido básico de minerales en la fórmula, y la naturaleza y cantidad de los ácidos orgánicos adicionados, afectan estos parámetros.

Cuando los lechones reciben un alimento demasiado ácido, puede disminuir la retención ósea de calcio y fósforo. Los casos del cloruro de amonio y del benzoato de calcio son los mejor documentados (21).

La acidificación masiva del agua puede tener los mismos efectos negativos.

- Microflora digestiva:

Cada vez más se arraiga la idea de que la actividad antimicrobiana de los ácidos orgánicos es la causa de sus efectos positivos en los cerdos tanto al destete como durante el período de crecimiento y finalización (5, 7, 15, 20, 21, 24, 28, 31, 32). Numerosas publicaciones reportan las modificaciones que experimenta la microflora bacteriana intestinal con la adición de grandes cantidades de ácidos orgánicos (de 10 a 30 Kg/tonelada); no obstante, resulta muy difícil interpretar resultados como los publicados por Partanen (21) por la disparidad encontrada en numerosas observaciones.

Las investigaciones que nosotros realizamos con ácidos orgánicos protegidos respaldan la tesis microbiológica de su modo de acción. Podemos adicionar una pequeña cantidad de ácidos orgánicos y obtener los efectos zootécnicos deseados (Tetracid 500TM). Estos efectos no se pueden explicar con los modos de acción previamente mencionados.

Cuando se usan los ácidos orgánicos, la medición de la fermentación gastrointestinal (ácidos grasos volátiles amoníaco, etcétera) también indica que su modulación de la microflora es una clave para comprender su modo de acción (5, 21, 22, 24, 31).

- Otros efectos fisiológicos

La secreción de las enzimas pancreáticas se puede estimular por la acción de algunos ácidos grasos volátiles (21) pero esto sólo ocurre en condiciones incompatibles con la fisiología normal del cerdo. La mayoría de las pruebas de este tipo se realizó con dosis suprafisiológicas, ya sea por inyección intravenosa o mediante instilación intraduodenal.

Algunos ácidos grasos volátiles también pueden ejercer influencia sobre la mucosa gastrointestinal, ya sea que resulten de la fermentación intestinal natural o que se administren en el alimento o por inyección (2, 21, 27).

EFFECTO ANTIBACTERIANO DE LOS ÁCIDOS ORGÁNICOS

Es bien sabido que los ácidos orgánicos, ya sea que procedan de la fermentación bacteriana intestinal, o que se suplementen directamente en el alimento, tienen efectos antibacterianos importantes (7, 15, 16, 21, 24, 28, 31).

Nuestro conocimiento acerca del modo de acción de los ácidos orgánicos sobre las bacterias ha evolucionado con gran rapidez gracias a las investigaciones realizadas en el campo con respecto a la conservación de los alimentos.

El efecto antibacteriano de los ácidos orgánicos es extremadamente complejo (6, 14, 17, 25, 31) pero a pesar de su variada estructura química (Cuadro 2) parece que estos ácidos comparten un modo de acción común (17).

Cada ácido orgánico posee propiedades diferentes contra cada bacteria involucrada dependiendo del pH, de su concentración, de su estado de disociación, etc.

Brul (6) publicó una revisión sobre la conservación de alimentos en la que enlista los modos de acción documentados:

- destrucción de la membrana celular de las bacterias
- inhibición de las funciones metabólicas fundamentales de las bacterias
- modificación del pH interno de las bacterias
- acumulación de aniones tóxicos en las bacterias

La investigación ha descubierto que sólo los ácidos orgánicos no disociados (no ionizados) pueden ejercer un efecto antibacteriano significativo, aunque se ha demostrado que –a dosis extremadamente elevadas– los ácidos disociados pueden tener algún efecto (25) (cuadro 3) los ácidos orgánicos no disociados se pueden difundir pasivamente a través de la pared celular de las bacterias, disociarse cuando el pH es superior a la constante de disociación (pK_a), y hacer que disminuya el pH interno.

Los iones H^+ hacen que se reduzca el pH interno y esto es incompatible con ciertas clases de bacterias que no toleran un gradiente importante de pH a ambos lados de la membrana.

En este caso, se pone en marcha un mecanismo de resistencia que reacciona ante este tipo de estrés celular, por lo que los protones (H^+) son "bombeados" hacia fuera de la bacteria, por acción de la bomba de ATPasa. Este fenómeno consume energía y agota completamente a la bacteria. Para que los ácidos orgánicos se puedan difundir hacia fuera de la bacteria, es necesario que estén en su forma no disociada. Por ende, dependiendo del pH interno, se acumulan los aniones, modifican la presión osmótica interna y resultan tóxicos para la bacteria (se interrumpe la glucólisis y la síntesis de ácido nucleico, se bloquean las reacciones enzimáticas, se altera el transporte a través de la membrana, etc.) (15).

Por ejemplo, un gradiente de pH de 1.8 a ambos lados de la membrana (pH interno 7.8 y pH externo 6.0) en un medio que contenga 8 mM de acetato, causará una acumulación de 500 mM de acetato en la bacteria a un nivel constante de pH (29). Sin embargo, en forma realista el pH no es constante, de tal suerte que la acumulación de aniones es inferior, pero de todas maneras sustancial.

Este mecanismo es mucho más importante en la modulación del crecimiento bacteriano que la bomba de protones (17, 31).

Los ácidos grasos volátiles aniónicos procedentes de la fermentación intestinal tienen la capacidad de acumularse dentro de la célula bacteriana, dependiendo del pH (31)

Ciertos tipos de bacterias son sensibles a los gradientes de pH a ambos lados de la membrana (ejemplos: *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*) mientras que otros no lo son (*Bifidobacterium* spp, *Lactobacillus* spp) (Figura 1).

ESTRATEGIAS DE ACIDIFICACIÓN DEL ALIMENTO

Son muchas las maneras de administrar los ácidos orgánicos a los lechones después del destete y a los cerdos durante la etapa de crecimiento y finalización, a saber: En forma libre (polvos o líquidos), en el alimento, en el agua de bebida o protegidos en la ración. Claramente, es necesario respetar los principios básicos que impidan la disociación constante de los ácidos y –además– es necesario que los niveles de inclusión sean compatibles con la dieta y con el animal.

El uso de los ácidos orgánicos en su forma libre, a niveles que han demostrado ser eficaces, puede causar problemas de palatabilidad (22), daño a la mucosa gástrica y duodenal (2, 27), desmineralización ósea (21) y estrés por acidez que puede inducir un mecanismo de resistencia en ciertas bacterias hacia los ácidos orgánicos (3).

La protección de los ácidos orgánicos nos permite administrarlos para que lleguen al intestino en una forma no disociada. Posteriormente se liberan muy cerca del sitio donde se encuentran las bacterias cuyo crecimiento y desarrollo deseamos modular (Piva, comunicación persona).

Esta tecnología también permite usar cantidades menores de ácidos orgánicos y de todas maneras obtener resultados óptimos mientras se evitan los efectos colaterales negativos sobre el balance electrolítico de la fórmula y sobre el equilibrio ácido–básico de los animales (21).

Las condiciones que causan un incremento en la producción de ácidos grasos volátiles y/o una disminución del pH del contenido intestinal, pueden explicar la incidencia relativamente alta de úlcera gástrica en cerdos (2).

Junto con el uso de los ácidos orgánicos, siempre se debe implementar una serie de estrategias nutricionales. No olvidemos que la capacidad amortiguadora del alimento es de gran importancia.

INTERÉS POR LOS ÁCIDOS ORGÁNICOS EN EL PERÍODO DE CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN

Los microorganismos que colonizan el tracto gastrointestinal del cerdo sano desempeñan una parte esencial de su bienestar, nutrición y rendimiento, así como en la calidad de la carne (15).

Existen diversos factores que pueden modificar la composición y la actividad de esta compleja microflora, como por ejemplo la composición de alimento y, entre otras cosas, la presencia de ácidos orgánicos.

En el estómago y en la porción distal del intestino delgado hay gran actividad microbiana y las bacterias que ahí habitan compiten con el huésped por los nutrientes fácilmente digestibles y –además– producen sustancias tóxicas.

Se calcula que el 6 % de la energía neta de la ración del cerdo se pierde por efecto de la fermentación microbiana en el intestino delgado y, dependiendo del tipo de alimento, aproximadamente el 16% de la energía total que recibe el cerdo proviene de la fermentación microbiana que ocurre en el intestino grueso (15).

Ahora se ha demostrado que los ácidos orgánicos pueden ejercer una influencia positiva sobre la fermentación microbiana intestinal en el cerdo (15, 16, 24, Piva, comunicación personal) y de ahí surge el interés.

Los efectos zootécnicos de los ácidos orgánicos durante el período del crecimiento y finalización se han medido en la práctica y en muchos estudios de campo recientes, efectuados bajo condiciones más realistas en términos de inclusión y costo, habiendo mostrado buenos resultados (Cuadros 4 y 5).

Otro punto de interés con respecto al uso de ácidos orgánicos durante la fase de crecimiento y finalización, es el control de las bacterias indeseables del género *Salmonella*.

La investigación que se está realizando actualmente demuestra que los ácidos orgánicos protegidos que llegan al intestino grueso en su forma activa (no ionizados) pueden reducir la incidencia de hembras de reemplazo portadoras de *Salmonella*.

CONCLUSIÓN

El uso de ácidos orgánicos en la producción porcina es parte de una estrategia nutricional general, que favorece una mejor salud del tracto gastrointestinal, con el objeto de incrementar la productividad y la calidad de la carne.

Se ha demostrado que los ácidos orgánicos son benéficos cuando se administran a los cerdos recién destetados en la ración; además, los resultados obtenidos durante el período de crecimiento y finalización nos hacen creer que su uso se popularizara cada vez más durante esta fase.

La comprensión más profunda del modo de acción de los ácidos orgánicos sobre la microflora bacteriana intestinal del cerdo nos permitirá desarrollar estrategias más precisas y, por ende, más efectivas.

Referencias

- 1.- Argenzio R.A., Southworth M. : Sites of organic acid production and absorption in gastrointestinal tract of the pig. *A.m. J. Physiol.*, 1974, 228, 454-460.
- 2.- Argenzio R.A., Eisemann J. : Mechanisms of acid injury in porcine gastroesophageal mucosa. *A.m. J. Vet. Res.*, 1996, 57, 564-573.
- 3.- Bearson S., Bearson B., Foster J.W. : Acid stress responses in enterobacteria. *FEMS Microbiology Letters*, 1997, 147, 173-180.
- 4.- Blank R., Mosenthin R., Sauer W. C., Huang S. : Effect of Fumaric Acid and Dietary Buffering Capacity on Ileal and Fecal Amino Acid Digestibilities in Early-Weaned Pigs. *J. Anim. Sci.*, 1999, 77, 2974-2984.
- 5.- Blank R., Sauer W.C., Mosenthin R., Zentek J., Huang S., Roth S. : Effect of fumaric acid supplementation and dietary buffering capacity on the concentration of microbial metabolites in ileal digesta of young pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 2001, 81, 345-353.
- 6.- Brul S., Coote P. : Review, Preservative agents in foods. Mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology*, 1999, 50, 1-17.
- 7.- Canibe N., Steien S.H., Overland M., Jensen B.B. : 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.*, 2001, 79, 2123-2133.
- 8.- Clemens E.T., Stevens C.E., Southworth M. : Sites of Organic Acid Production and Pattern of Digesta Movement in the Gastrointestinal Tract of Swine. *J. Nut.* 1975, 105, 759-768.
- 9.- Cromwell G. : Why and How Antibiotics are used in Swine Production. *Antibiotic Use in Livestock Production* (Proceedings). University of Illinois at Urbana-Champaign, 2000.
- 10.- Easter R.A. : Acidification of Diets for Pigs. *Recent Advances in Animal Nutrition*. (Eds. Haresign W. and Cole D.J.A.) Butterworths, London, 1988.
- 11.- Falkowski J.F., Aherne F.X. : Fumaric and Citric Acid as Feed Additives in Starter Pig Nutrition. *J. Anim. Sci.*, 1984, 58, 935-938.

Cuadro 1

| Eficacia de los antibióticos en la producción porcina de 1950 a 1977 y de 1978 a 1985 (% de mejoramiento con antibióticos) | | |
|---|------------------------|------------------------|
| | 1950-1977 ^A | 1978-1985 ^B |
| Iniciador | | |
| Ganancia Media Diaria | 16.1 | 15.0 |
| Conversión Alimenticia | 6.9 | 6.5 |
| Crecimiento-Finalización | | |
| Ganancia Media Diaria | 4.0 | 3.6 |
| Conversión Alimenticia | 2.1 | 2.4 |

^A Datos de 378 y 279 pruebas con 10,023 y 5,666 cerdos durante 2 etapas, respectivamente (Hays, 1977)

^B Datos de 75 y 164 pruebas con 3,609 y 7,747 cerdos en 2 etapas, respectivamente (Zimmerman, 1986)

Adaptado de Cromwell, 2000

Cuadro 2

| Formula, características físicas y químicas de los ácidos orgánicos para la ración (adaptado de Foegeding & Busta)(12) | | | | | |
|---|--|------------|-----------------|---------|-----------------|
| Acido | Fórmula | MM (g/mol) | Densidad (g/ml) | Estado | PK _a |
| Fórmico | HCOOH | 46.03 | 1.220 | Líquido | 3.75 |
| Acético | CH ₃ COOH | 60.05 | 1.049 | Líquido | 4.76 |
| Propiónic | CH ₃ CH ₂ COOH | 74.08 | 0.993 | Líquido | 4.88 |
| o | CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOH | 88.12 | 0.958 | Líquido | 4.82 |
| Butírico | CH ₃ CH(OH)COOH | 90.08 | 1.206 | Líquido | 3.83 |
| Láctico | CH ₃ CH :CHCH :CHCOOH | 112.14 | 1.204 | Sólido | 4.76 |
| Sórbico | COOHCH CHCOOH | 116.07 | 1.635 | Sólido | 3.02 |
| Fumárico | | | | | 4.38 |
| | COOHCH ₂ CH(OH)COOH | 134.09 | 1.601 | Líquido | 3.40 |
| Málico | | | | | 5.10 |
| | COOHCH(OH)CH(OH)COOH | 150.09 | 1.760 | Líquido | 2.93 |
| Tartárico | | | | | 4.23 |
| | COOHCH ₂ C(OH)(COOH)CH ₂ COO | 192.14 | 1.665 | Sólido | 3.13 |
| Cítrico | H | | | | 4.76 |
| | | | | | 6.40 |

MM, masa molecular, en gramos

Cuadro 3

| Concentración mínima inhibitoria (CMI) determinada experimentalmente para los ácidos orgánicos disociados y no disociados (tomado de diferentes autores) | | | |
|--|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Microorganismo | Ácido Orgánico | CMI _{nd} ^a | CMI _d ^b |
| <i>Escherichia coli</i> M23 | Láctico | 8.32 | - |
| <i>Y. enterocolitica</i> | Láctico | 5 a 10 | - |
| <i>Escherichia coli</i> | Propiónico | 70 | 800 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Propiónico | 19 | 830 |
| <i>Bacillus cereus</i> | Propiónico | 17 | 380 |
| <i>Escherichia coli</i> | Sórbico | 1 | 100 |
| <i>Escherichia coli</i> | Sórbico | 1 | 350 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Sórbico | 0.6 | 400 |
| <i>Bacillus cereus</i> | Sórbico | 1.2 | 110 |
| <i>Listeria innocua</i> | Láctico (lactato de Na) | 4.9 | 1,250 |

^a CMI_{nd}, ácido no disociado (μmole)
^b CMI_d, ácido disociado (μmole)
 Adaptado de Presser (25)

Cuadro 4

| Prueba realizada en Canadá (2000), acidificantes en la nutrición del cerdo en crecimiento y finalización. | | |
|---|------------------------|----------------------------------|
| Grupo | Testigo | Acidificante |
| Producto y Dosis Probados | Negativo | Acidificante protegido, 1 Kg/ton |
| Numero de Cerdos | 1,000 | 1,000 |
| Período de Prueba | De 25 Kg al sacrificio | De 25 Kg al sacrificio |
| Ganancia de Peso/Día (g) | 834 | 841 |
| Conversión Alimenticia | 2.61 | 2.51 |
| Mortalidad, % | 3.5 | 3.4 |

Cuadro 5

| Prueba Europea (2001), acidificantes en la nutrición del cerdo en crecimiento y finalización. | | |
|---|---------------|--|
| Grupo | Testigo | Acidificante |
| Producto y Dosis Probados | Negativo | Acidificante protegido (1 Kg/ton) el 1er. mes para disminuir hasta 0 durante 2 meses |
| Numero de Cerdos | 105 | 105 |
| Período de Prueba | De 26 a 82 Kg | De 26 a 82 Kg |
| Ganancia de Peso/Día (g) | 819 | 827 |
| Conversión Alimenticia | 2.41 | 2.31 |
| Mortalidad, % | n/a | n/a |

n/a = no disponible

Diagrama 1

Modo de acción de los ácidos orgánicos sobre las bacterias sensibles a los gradientes de pH (ejemplo: *E. coli*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp., etc.)
Adaptado de Piva A., Universidad de Boloña, Italia

