

## NUEVOS INGREDIENTES EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

Ioannis Mavromichalis y Fernando Paton  
NUTRAL, S.A.

### 1.- INTRODUCCIÓN

Es difícil reunir en un sólo capítulo toda la investigación reciente acerca de nuevos ingredientes para la alimentación de cerdos. A menudo esta información está condicionada por intereses comerciales, ya que la investigación actual está enfocada a aditivos unidos a una marca de identidad. Resultados contradictorios respecto a la eficacia de la mayoría de los aditivos hace difícil establecer bajo qué condiciones estos aditivos pueden ser beneficiosos. Por tanto, este trabajo se centrará principalmente en alimentos y aditivos que pueden ser encontrados fácilmente en el mercado europeo.

Existe también gran cantidad de información acerca de ingredientes que pueden ser perjudiciales o inefectivos cuando se administran a cerdos. Estos aditivos no van a ser revisados en este trabajo. En su lugar, sólo se revisarán aquellos ingredientes que han mostrado un gran potencial para mejorar los rendimientos animales, la salud y el bienestar. Los artículos científicos presentados en esta revisión han sido seleccionados por poseer una importancia práctica relevante para la industria porcina de España y Europa y, también por su importancia científica y su precisión estadística. Sólo serán incluidos trabajos publicados después del año 2000.

### 2.- INGREDIENTES PARA LECHONES

La nutrición de los lechones sigue siendo el área principal de investigación en la alimentación porcina. Los objetivos principales en la evaluación de nuevos ingredientes han sido en términos de importancia:

1. La salud animal en ausencia de compuestos antimicrobianos, y
2. Cereales alternativos y fuentes de proteína para mantener o mejorar la velocidad de crecimiento.

## 2.1.- Ingredientes que mantienen o promueven un buen estado sanitario

### 2.1.1.- Proteína hidrolizada de soja

Existe gran cantidad de información en relación con la alimentación de lechones durante períodos de desórdenes digestivos, y especialmente con aquellos relacionados con la infección debida a *Escherichia coli*. Un grupo español de investigadores (Ferrini et al., 2004) han evaluado recientemente el efecto de la fuente de proteína sobre la recuperación de lechones afectados por diarrea. Un total de 96 lechones destetados (21 días de edad) recibieron dietas experimentales cuya principal fuente de proteína era harina de soja, concentrado de proteína de soja o proteína hidrolizada de soja. Los lechones fueron diagnosticados de colibacilosis enterotoxémica clínica en el día 6 del ensayo, con diarreas evidentes en todos los grupos experimentales en el día 7. La mayoría de los lechones que recibían fuentes de proteína de soja refinada se recuperaron en el día 9 tras la administración terapéutica de antibióticos, mientras que los alimentados con dietas basadas en harina de soja necesitaron un período de recuperación más largo. La mortalidad fue también más alta con las dietas basadas en harina de soja (19%) respecto a la observada en dietas con concentrado (9%) o hidrolizado (3%) de proteína de soja. En conclusión, parece que las dietas más digeribles reducen el impacto de problemas digestivos. Estos datos están de acuerdo con un estudio anterior de la Universidad de Illinois, en el que lechones afectados por una infección con rotavirus se recuperaron antes cuando recibían niveles de alimentación más elevados.

### 2.1.2.- Ácidos cítrico y acético

Cuando se suministran dietas sin antibióticos a lechones recién destetados, con frecuencia se añaden varios ácidos orgánicos para controlar la proliferación de bacterias indeseables en el tracto gastrointestinal. Los ácidos cítrico y acético son relativamente baratos y fácilmente disponibles como ácidos orgánicos, pero la información acerca de sus propiedades antimicrobianas es limitada. Un trabajo reciente (Lee et al., 2002) señala que aunque ambos ácidos tienen propiedades antimicrobianas, son efectivos contra patógenos diferentes. El ácido cítrico es más efectivo contra bacterias Gram-positivas, como *Clostridium perfringens*, mientras el ácido acético es más efectivo contra bacterias Gram-negativas como *Salmonella choleraesuis*, y *Escherichia coli*. La combinación de ambos no muestra sinergismo o antagonismo. Aunque se trata de un estudio *in vitro*, este trabajo demuestra que los ácidos orgánicos no son intercambiables. Además, sugiere que la práctica comercial de utilizar mezclas de ácidos orgánicos es más apropiada para combatir la plétora de bacterias hospedadas en el sistema gastrointestinal de cerdos.

### 2.1.3.- Ácido sórbico

El formato cálcico, una sal tamponada de ácido fórmico, es un ácido orgánico

comúnmente utilizado en dietas post-destete a concentraciones de 5 a 20 g/kg. El ácido sórbico es otro ácido orgánico, con numerosas aplicaciones en la industria de la alimentación humana como conservante, que todavía no ha sido suficientemente probado en dietas de porcino. Investigadores daneses (Maribo, 2000) evaluaron recientemente el ácido sórbico en dietas post-destete utilizando 444 animales en 19 réplicas por tratamiento. Los lechones fueron destetados a los 24 días de edad con un peso medio de 6,8 kg. Durante las 2 primeras semanas postdestete los animales recibían una dieta prestarter, y a continuación una dieta starter durante las 4 semanas siguientes. Los tratamientos experimentales fueron:

1. Dietas control sin ácidos orgánicos
2. Dietas control con 12,5 g/kg de formato cálcico
3. Dieta prestarter con 20 g/kg ácido sórbico y dieta control starter.

El formato cálcico mejoró los rendimientos productivos respecto a la dieta control, principalmente mediante una mejora de la eficacia alimenticia (-10%) durante las dos primeras semanas post-destete. La ganancia de peso resultó también mejorada en un 7% en el mismo período. Estos efectos prácticamente desaparecieron en las 4 semanas siguientes. El ácido sórbico, añadido sólo en la dieta prestarter, aumentó en gran medida la ganancia de peso (+37%) y mejoró la eficacia alimenticia (+22%) en las dos primeras semanas post-destete. Para el conjunto del periodo experimental, el formato cálcico y el ácido sórbico aumentaron los rendimientos en un 6 y un 11%, respectivamente. Como conclusión, indicar que los ácidos orgánicos parecen ser más efectivos durante el periodo inmediatamente posterior al destete. El formato cálcico sigue proporcionando resultados consistentes en condiciones prácticas, mientras que se necesitan más trabajos de investigación para confirmar los resultados obtenidos con el ácido sórbico.

#### **2.1.4.- Vitamina C e inmunidad**

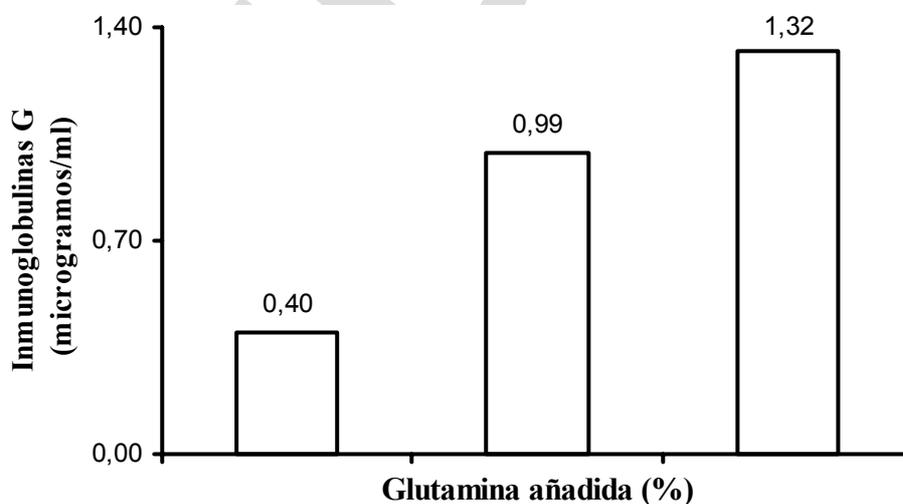
El tema de la suplementación con vitamina C en dietas para lechones ha suscitado un debate considerable durante los últimos 20 años. Los primeros trabajos sugerían que los rendimientos productivos aumentaban en respuesta a la suplementación, pero estudios posteriores no obtuvieron resultados consistentes. Un trabajo realizado recientemente en China se suma a este debate (Zhao et al., 2002). En dos experimentos, lechones destetados entre los 20 y 30 días de edad recibieron dietas suplementadas con 0, 75 ó 300 mg/kg de vitamina C durante 21 días postdestete. Las ganancias de peso no resultaron afectadas por la suplementación. Hay que destacar, no obstante, que los lechones estaban alojados en lotes de 2 animales y que, por tanto, el nivel de estrés al que estaban expuestos fue bastante limitado en comparación con el existente en la mayoría de las instalaciones comerciales. Como resultado positivo destacar que los niveles en plasma de inmunoglobulinas gamma y los títulos de anticuerpos al suero bovino tendieron ( $P < 0,07$ ) a ser más altos en lechones recibiendo dietas suplementadas con vitamina C. Esto puede ser indicativo de una mejora

del estado inmunitario que podría potencialmente ayudar a los animales en caso de enfermedad. Pero, se precisan más investigaciones para confirmar estos resultados.

### 2.1.5.- Glutamina contra E. Coli

La glutamina juega un papel importante en el metabolismo gastrointestinal como fuente de energía para los enterocitos, incluyendo las células del sistema inmune. En un trabajo realizado en España (Hernández et al., 2000), lechones destetados a los 14 días de edad fueron alimentados con dietas starter suplementadas con 0; 0,50; 0,77 y 1,50% de glutamina. Después de 1 semana, los animales fueron infectados con E. Coli serotipo 66. La suplementación con glutamina aumentó lineal y significativamente los niveles en suero de inmunoglobulinas G contra antígenos de E. Coli (ver figura 1). Los síntomas de infección en la cavidad abdominal fueron menores en los lechones que recibían dietas suplementadas con niveles altos de glutamina (0,77 y 1,50%). Como conclusión, parece que la glutamina merece mayor atención en sistemas de producción con un riesgo alto de infección por E. Coli, especialmente cuando se suministran piensos sin compuestos antimicrobianos.

**Figura 1.- Efecto de la suplementación con glutamina sobre la producción de inmunoglobulinas contra E. coli patógenos (Hernández et al., 2000)**



### 2.1.6.- Aminoácidos y poliaminas

Está demostrado que el glutamato y la glutamina ejercen efectos beneficiosos sobre el desarrollo intestinal en lechones recién destetados. Investigadores canadienses re-examinaron los efectos tróficos del glutamato sobre la arquitectura intestinal, junto al de otros aminoácidos como la ornitina, citrulina y arginina los cuales participan en el ciclo de la urea. Las poliaminas, que están involucradas en el proceso de maduración del digestivo, también fueron

evaluadas como aditivos. Como se esperaba, la suplementación con glutamato (6,5%) mejoró el desarrollo y crecimiento intestinal en el periodo post-destete (de 13 a 25 días de edad), pero la suplementación con poliaminas (0,08% putrescina, 0,13% espermidina, y 0,18% espermina) tuvo un efecto perjudicial sobre dichos parámetros, posiblemente por la utilización de niveles excesivos. La arginina (0,93%) y el glutamato evitaron la atrofia intestinal post-destete, pero este efecto no se observó con el resto de aminoácidos añadidos. Estos resultados confirman los obtenidos en trabajos anteriores, los cuales no observaron efectos beneficiosos de la ornitina alfa-cetoglutarato sobre los rendimientos productivos post-destete. En conclusión, está demostrado que la adición de glutamato en dietas starter es beneficiosa porque claramente mejora la salud intestinal. La inclusión de arginina parece ser una alternativa interesante de acuerdo a los resultados de este trabajo, pero la suplementación con ornitina, citrulina y poliaminas no ha mostrado ningún efecto beneficioso en dietas starter.

### **2.1.7.- Huevos con anticuerpos**

Los huevos de gallinas ponedoras que han sido vacunadas contra microorganismos patógenos específicos poseen niveles elevados de anticuerpos y pueden ser utilizados para reemplazar parcialmente los compuestos antimicrobianos en dietas de lechones. Las ventajas de estos productos, que actualmente se comercializan en forma de polvo spray-dried, incluyen la mejora de la velocidad de crecimiento y una menor incidencia de diarreas en lechones jóvenes. Un grupo de investigadores británico evaluó recientemente la utilización de huevos hiper-inmunizados en un reemplazante lácteo para lechones recién nacidos (Rizvi et al., 2001). Los huevos hiper-inmunizados contenían anticuerpos contra E. Coli y Rotavirus y fueron incorporados en las dietas a niveles del 5% sobre materia seca. Como tratamiento control positivo se utilizaron huevos spray-dried no inmunizados. Tras el nacimiento, 15 lechones recibieron calostro en las primeras 24 h, mientras que a otros 15 animales de las mismas camadas no se les permitió su consumo. Tras un período de adaptación de 3 días con un reemplazante lácteo comercial, los lechones recibieron las dietas experimentales durante otro período de 3 días, al final del cual fueron infectados con Rotavirus y E. coli (K88). Los lechones se sacrificaron transcurridos 0, 1, 2, 3 y 4 días para proceder al examen bacteriológico del tracto gastrointestinal. El experimento se repitió tres veces. El tratamiento con huevos hiperinmunizados previno la infección por E. Coli, con independencia del consumo o no de calostro, lo que se evidenció por un conteo de colonias marcadamente más bajo en el lumen del tracto gastrointestinal. Las ganancias de peso fueron 0,27, 0,08 y 0,03 kg/d en el periodo post-infección para los lechones que recibían dietas con huevos hiperinmunizados, no inmunizados o un reemplazante lácteo sin huevo en polvo, respectivamente. La infección por rotavirus no fue impedida por los tratamientos. Por tanto, parece que los huevos hiperinmunizados puede ser un ingrediente interesante en reemplazantes lácteos para lechones que son susceptibles de infección por E. Coli. El nivel óptimo de inclusión debe ser aún determinado.

### 2.1.8.- Protección frente a E. Coli K88

La eficacia de varios aditivos disponibles en el mercado frente a E. coli K88 ha sido comparada recientemente por un grupo canadiense de investigadores (Owusu-Asiedu et al., 2003). Los productos examinados fueron: plasma animal, anticuerpos de yema de huevo, óxido de zinc, ácido fumárico y carbadox. Además, el diseño experimental incluyó una dieta control sin aditivos. Un total de 90 animales (10 días de edad) fueron utilizados en un ensayo de 14 días con 5 réplicas por tratamiento. Los animales fueron infectados con E. Coli en el día 7 del ensayo. El título de anticuerpos anti-K88 y anti-F18 en las dietas con plasma fueron 1800 y 1500, respectivamente. En dietas con anticuerpos de yema de huevo fueron 1800 y 900, respectivamente. En el resto de dietas los títulos no fueron detectados. Antes de la infección con E. Coli todos los animales estaban sanos y sin diarrea. Después de la infección, los animales que recibían el tratamiento control (sin aditivos) desarrollaron diarrea severa seguida de una elevada mortalidad (40%). También la velocidad de crecimiento disminuyó en gran medida con esta dieta control. Destacar que todos los aditivos proporcionaron el mismo nivel de protección frente a la infección por E. Coli en cuanto a prevención de diarreas y rendimientos productivos. Sería interesante investigar los efectos sinérgicos entre ellos en trabajos futuros.

**Cuadro 1.- Comparación de la eficacia frente a E. Coli K88 de distintos aditivos (Owusu-Asiedu et al., 2003)**

	Control	Plasma	Huevo polvo	ZnO	Ácido fumárico	Carbadox
Ganancia de peso (g/día)	101	157	151	159	155	153
Consumo de pienso (g/día)	141	213	208	215	212	222
<i>K88 shedding</i> (%)	81	29	23	42	31	21
Problemas digestivos (0=sin problemas; 3=diarreas)	2,2	0,5	0,3	0,6	0,5	0,2
Mortalidad (%)	40	6,6	6,6	13,3	6,6	13,3

Los resultados del control vs cualquier tratamiento fueron significativamente diferentes. No existieron diferencias entre tratamientos.

## 2.2.- Cereales alternativos y fuentes de proteína

### 2.2.1.- Arroz vs maíz

Un estudio práctico (Vicente et al., 2004) evaluó los efectos de reemplazar el maíz procesado térmicamente con arroz crudo o cocido en dietas para lechones de 25 días de

edad, utilizando ocho réplicas por tratamiento. Los tratamientos incluyeron un control positivo con un 50% de maíz procesado o la misma dieta donde el maíz era sustituido por arroz crudo o cocido. Durante el ensayo de 2 semanas de duración, los lechones que recibían las dietas basadas en arroz mostraron una velocidad de crecimiento mayor (+29%), un consumo más alto (+23%), y un mejor índice de conversión (-6%) en comparación con los lechones que recibían las dietas basadas en maíz. El arroz cocido también mejoró la ganancia de peso (+6%) y el índice de conversión (-6%) respecto a las dietas basadas en arroz crudo. La digestibilidad fecal de la materia orgánica, la energía y la materia seca para las dietas basadas en maíz fue menor que la obtenida para dietas basadas en arroz con lechones de 27 días de edad, pero las diferencias disminuyeron con la edad. Este estudio muestra claramente que el arroz es un ingrediente de elección en dietas para lechones.

### **2.2.2.- Cebada desnuda**

Las variedades de cebada desnuda se utilizan en dietas para lechones recién destetados ya que son una buena fuente de proteína y carbohidratos sin el exceso de fibra encontrado en las variedades normales de cebada. Ambas variedades, sin embargo, contienen beta-glucanos, un carbohidrato que resiste la digestión y aumenta la viscosidad intestinal. Investigadores de la Universidad de Minesota (Yin et al., 2001) compararon dos variedades de cebada desnuda con una concentración alta y baja de beta-glucanos y xilosa en dietas para lechones recién destetados (21 días), así como la suplementación con una preparación enzimática de beta-glucanasas y xilanasas. Como se esperaba, en los lechones que recibían las dietas con cebada de alta concentración en polisacáridos no amiláceos (PNA) la viscosidad de la digesta fue mayor y la adición de enzimas redujo la viscosidad en la zona distal del intestino delgado. La digestibilidad ileal aparente de la materia seca, energía y aminoácidos también fue mejorada con la suplementación enzimática, y este efecto fue mayor para las variedades de cebada con alta concentración de PNA. Por tanto, las dietas basadas en cebada desnuda para lechones deben ser suplementadas con enzimas adecuados y su nivel de inclusión debe ser establecido de acuerdo con la calidad de la cebada.

### **2.2.3.- Triticale**

El triticale es un cruce de trigo y centeno. Los arabinoxilanos son el principal factor antinutritivo del triticale y su concentración es intermedia entre la del trigo y la del centeno. Dado que los arabinoxilanos no son digeridos fácilmente, existe cierto escepticismo respecto a la utilización de triticale en dietas para lechones. El triticale ha sido recientemente evaluado en comparación con el maíz (Myer et al., 2001) en tres ensayos realizados con un total de 324 lechones (6,7 kg) en 22 réplicas. Los lechones fueron destetados a las tres semanas de edad y recibieron las dietas experimentales durante cinco semanas. El triticale y el maíz fueron molidos al mismo tamaño de partícula e incorporados en dietas iso-lisina como única fuente

de cereal. El triticale tenía 120 g/kg de proteína, 134 g/kg de fibra neutro detergente y 4 g/kg de lisina. La sustitución del maíz por triticale mejoró ligeramente los rendimientos productivos. La ganancia de peso de los lechones que recibían dietas a base de triticale fue de 510 g/día, comparada con 490 g/día para los alimentados con la dieta a base de maíz. El índice de conversión no resultó afectado por el tipo de cereal de las dietas. Destacar, no obstante, que los animales que recibían las dietas basadas en triticale mostraron velocidades de crecimiento más altas sólo durante la segunda fase del experimento (días 12 a 35 post-destete), lo cual puede indicar que existía un imbalance de nutrientes en la dieta basada en maíz durante este período. Como conclusión indicar que el valor nutritivo del grano de triticale de buena calidad es al menos comparable al del maíz en dietas bien balanceadas. El triticale puede ser utilizado como cereal base en dietas para lechones destetados.

#### **2.2.4.- Pulpa de remolacha**

Dado su alto contenido en fibra (20%), la pulpa de remolacha deshidratada y sin melazas ha sido tradicionalmente considerada como un ingrediente de segunda clase en dietas starter para lechones. Sin embargo, actualmente está demostrado que la fracción de PNA de la pulpa de remolacha es fermentada fácilmente incluso por lechones jóvenes. En un estudio conjunto de investigadores británicos y franceses (Gil et al., 2000) se evaluó la sustitución parcial de trigo con niveles relativamente altos de pulpa de remolacha (185 g/kg) en dietas starter simples. Los lechones, destetados a 28 días de edad, recibieron las dietas experimentales durante un período de cuatro semanas. Los resultados mostraron que, excepto en la primera semana postdestete, los rendimientos productivos no se vieron afectados por la incorporación de un ingrediente fibroso, como la pulpa de remolacha, en dietas starter simples (cuadro 2). Trabajos previos habían demostrado la capacidad de los lechones jóvenes para utilizar niveles altos de pulpa de remolacha (150 g/kg) en dietas starter complejas. La disminución de los rendimientos productivos durante la primera semana post-destete se cree que es reflejo de una densidad energética más baja en la dieta con alto contenido en fibra. En conclusión, la pulpa de remolacha deshidratada y no melazada permite obtener rendimientos productivos aceptables en lechones jóvenes y, por tanto, puede ser incorporada a niveles del 10 a 20% en dietas starter durante la segunda fase para reducir los costes. Sin embargo, su alto contenido en fibra puede impedir alcanzar niveles aceptables de consumo inmediatamente después del destete y por tanto, no debería ser utilizada en dietas starter para la primera fase.

#### **2.2.5.- Sorgo**

Aunque en áreas productoras de sorgo (ej. Kansas) este cereal se utiliza sin límite en dietas para lechones, en otras partes del mundo existe todavía cierta desconfianza acerca de su conveniencia y seguridad. Un grupo de investigadores brasileños (Fialho et al., 2004) realizó un ensayo de metabolismo y uno de crecimiento para valorar los efectos del sorgo con bajo contenido en taninos sobre los rendimientos de lechones. El sorgo reemplazó un

0, 33, 66 y 100% del maíz en las dietas experimentales. Los resultados mostraron que la retención de nitrógeno no fue diferente entre animales recibiendo las distintas dietas experimentales. La digestibilidad de la proteína bruta (85% para la dieta con un 100% de maíz vs 85,8% para la dieta con 100% de sorgo) no resultó afectada por la fuente de cereal. La energía digestible (3821 vs 3793 kcal/kg) y metabolizable (3619 vs 3670 kcal/kg) fue también comparable entre los dos cereales. El consumo, la ganancia de peso e índice de conversión tampoco cambiaron entre tratamientos, indicando que el sorgo bajo en taninos puede ser utilizado para reemplazar el maíz en dietas para lechones.

**Cuadro 2.- Efecto de la sustitución de trigo por pulpa de remolacha en dietas starter para lechones destetados (Gil et al., 2000)**

<b>Rendimientos productivos</b>	<b>Trigo</b>	<b>Pulpa de remolacha</b>
Ganancia de peso (g/día)		
Semana 1	191 <sup>a</sup>	126 <sup>b</sup>
Semana 2	329	296
Semana 3	419	483
Semana 4	459	513
<b>Media</b>	<b>349</b>	<b>354</b>
Consumo (g/día)		
Semana 1	245 <sup>a</sup>	219 <sup>b</sup>
Semana 2	479	469
Semana 3	642	651
Semana 4	713	795
<b>Media</b>	<b>519</b>	<b>534</b>

Medias con distintos superíndices son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

### 2.2.6.- Lentejas y guisantes

La creciente demanda de fuentes de proteína vegetales ha reavivado el interés por varios cultivos de leguminosas no tradicionales en la alimentación animal, como lentejas y guisantes, especialmente en áreas donde no es posible disponer de haba de soja. Actualmente, las lentejas y guisantes son utilizados en dietas de cerdas en lactación (hasta 100 g/kg) y cerdos al final del cebo para sustituir la harina de soja. Niveles más altos de incorporación normalmente disminuyen los rendimientos ya que estas leguminosas contienen factores antinutritivos como inhibidores de proteasas y hemoaglutininas. Un grupo de investigadores canadienses (Jaikaran, 2001) estudió el efecto de niveles crecientes de lentejas y guisantes en dietas para lechones destetados. Un total de 120 animales (28 días de edad) fueron asignados a cinco tratamientos (4 corrales por

tratamiento) durante dos periodos de cuatro semanas. Los tratamientos experimentales fueron:

1. control positivo (harina de soja)
2. lentejas o guisantes crudos (150 g/kg)
3. lentejas o guisantes crudos (300 g/kg)
4. lentejas o guisantes extrusionados (150 g/kg)
5. lentejas o guisantes extrusionados (300 g/kg)

En comparación con la harina de soja, las lentejas crudas no disminuyeron la ganancia de peso, incluso a niveles de 300 g/kg, y la extrusión no supuso ninguna mejora de los rendimientos. Los guisantes crudos, por el contrario, afectaron negativamente a la ganancia de peso y el índice de conversión a niveles de 300 g/kg, pero no a 150 g/kg. La extrusión de los guisantes restauró los rendimientos a los niveles de la dieta control. Como conclusión señalar que las lentejas pueden ser incorporadas en dietas para lechones a niveles relativamente altos sin efectos negativos sobre los rendimientos. Los guisantes, sin embargo, han de ser procesados térmicamente cuando se utilizan a niveles altos en dietas de lechones recién destetados.

**Cuadro 3.- Efecto de distintos niveles de incorporación de lentejas y guisantes en dietas de lechones (Jaikaran, 2000).**

	Lentejas		Guisantes	
	Ganancia peso (g/d)	Índice conversión	Ganancia peso (g/d)	Índice conversión
<b>Control positivo (harina de soja)</b>	590	1,35	520 <sup>xy</sup>	1,20 <sup>x</sup>
Leguminosas crudas (150 g/kg)	607	1,42	573 <sup>xy</sup>	1,33 <sup>x</sup>
Leguminosas crudas (300 g/kg)	551	1,38	466 <sup>y</sup>	1,49 <sup>y</sup>
Leguminosas extrusionadas (150 g/kg)	609	1,35	539 <sup>x</sup>	1,33 <sup>x</sup>
Leguminosas extrusionadas (300 g/kg)	605	1,33	540 <sup>x</sup>	1,29 <sup>x</sup>

<sup>x,y</sup> Medias en una columna con distintos superíndices son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

### 2.2.7.- Guisantes procesados

Un grupo canadiense de investigadores realizó dos ensayos para investigar los efectos del procesado por calor y de la suplementación enzimática en dietas basadas en guisantes para lechones (Owusu-Asiedu et al., 2002). En el primer experimento, animales canulados con 16 días de edad recibieron dietas con guisantes crudos, extrusionados o micronizados, y suplementadas con enzimas amilasas y xilanasas. El procesado térmico

mejoró la digestibilidad ileal aparente y verdadera de la mayoría de aminoácidos, incluyendo la de los aminoácidos limitantes lisina, metionina y treonina. La micronización aumentó la digestibilidad del conjunto de los aminoácidos esenciales (79 vs 88%). La suplementación enzimática de las dietas basadas en guisantes procesados térmicamente también mejoró la digestibilidad de los aminoácidos. En un segundo ensayo, lechones con 16 días de edad recibieron, desde los 4,5 a los 20 kg PV, dietas basadas en guisantes crudos, extrusionados o micronizados, y suplementadas con enzimas. La suplementación enzimática de las dietas basadas en guisantes crudos mejoró el índice de conversión de 1,4 a 1,2 (kg pienso/kg ganancia peso) de los lechones entre 4,5 a 10 kg. Resultados similares se observaron con las dietas basadas en guisantes crudos. El consumo de pienso y la velocidad de crecimiento no resultaron modificados.

### **3.- INGREDIENTES PARA DIETAS DE ENGORDE Y ACABADO**

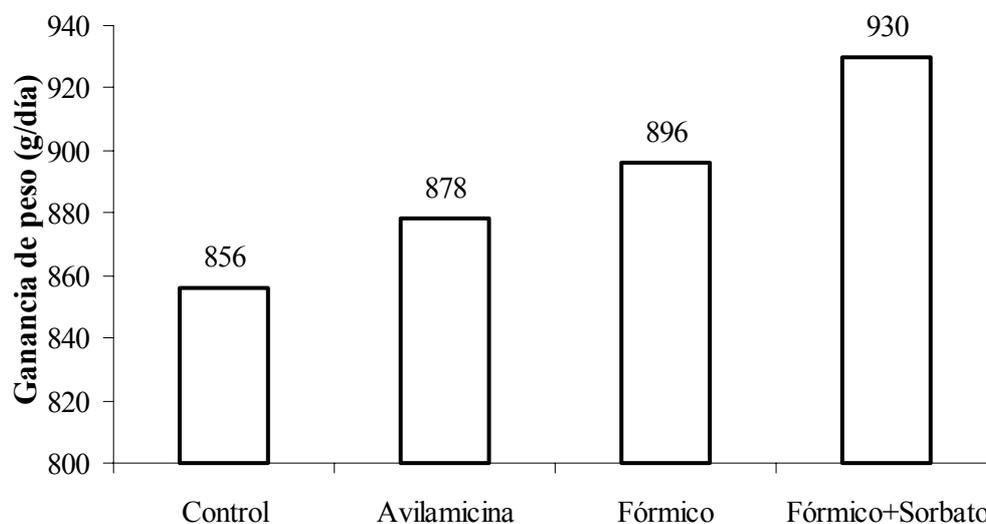
Tradicionalmente, las áreas principales de investigación en la nutrición de cerdos durante las fases de crecimiento y acabado son (1) el coste de la alimentación y (2) la calidad de la carne, mientras que la salud intestinal tiene un interés limitado.

#### **3.1.- Ingredientes que mejoran la eficacia de producción**

##### **3.1.1.- Ácidos orgánicos**

Aunque los ácidos orgánicos son utilizados mayoritariamente en dietas de lechones para reemplazar parcialmente a los antibióticos, los cerdos en fase de cebo pueden también beneficiarse con la incorporación de bajas concentraciones de ciertos ácidos en sus dietas. Investigadores finlandeses (Partanen et al., 2002) realizaron un ensayo con 160 cerdos en crecimiento (peso inicial 27 kg) que recibían dietas a base de cebada, avena, guisantes y harina de soja sin medicación (control negativo), suplementadas con 40 g/kg de avilamicina (control positivo), con 8 g/kg de ácido fórmico, ó bien con 8 g/kg de ácido fórmico y 0,4 g/kg de sorbato potásico. Como era de esperar, los resultados productivos fueron mejores con las dietas medicadas y acidificadas comparados con los obtenidos con el control negativo. La incidencia de diarreas también disminuyó en las dietas con aditivos. Sorprendentemente, los rendimientos de los animales que recibían la mezcla de ácidos orgánicos (ácido fórmico y sorbato) fueron superiores a los obtenidos con las dietas con avilamicina o sólo con ácido fórmico (figura 2). Estos resultados confirman, sin embargo, los resultados obtenidos en condiciones prácticas con mezclas de ácidos orgánicos en dietas para lechones. Dado que la avilamicina no puede ser utilizada en la fase de engorde, una mezcla de ácidos orgánicos puede ser una elección interesante dado que puede ser suministrada hasta la edad de sacrificio y aumentar los rendimientos productivos al menos de forma tan eficiente como la avilamicina.

**Figura 2.- Efecto de distintos ácidos orgánicos sobre la ganancia de peso de cerdos de engorde (Partanen et al., 2002)**



### 3.1.2.- CLA

El ácido linoleico conjugado (CLA) es una mezcla de isómeros del ácido linoleico que se encuentra de forma natural en una gran variedad de alimentos, pero su concentración es más elevada en los productos derivados de rumiantes (leche, carne y sebo). Investigadores de la Universidad estatal de Iowa (Thiel-Cooper et al., 2000) evaluaron recientemente el efecto de la adición de 0; 1,2; 2,5; 5 y 10 g/kg de CLA sintético en dietas basadas en maíz y soja para cerdos de engorde (26-114 kg). La ganancia media de peso y el índice de conversión mejoraron linealmente al aumentar los niveles de CLA en las dietas. Los cerdos que recibían dietas con 10 g/kg de CLA crecieron un 8% más rápido y fueron un 9% más eficientes que los que no recibían CLA. La concentración total de lípidos en la canal, la grasa dorsal y la grasa intramuscular disminuyeron, aunque no linealmente, con concentraciones crecientes de CLA en las dietas. El índice de dureza de la carne y las concentraciones de CLA en los tejidos comestibles (una característica deseable para la salud humana) aumentaron linealmente. Como conclusión destacar que el CLA a niveles de 10 g/kg puede mejorar los rendimientos productivos y la calidad de la canal en cerdos de cebo.

### 3.1.3.- Guisantes

Los guisantes son ricos en lisina y pobres en aminoácidos azufrados, como la harina de soja. También contienen factores antinutritivos que pueden interferir en la utilización de los nutrientes y reducir los rendimientos productivos. Tales sustancias incluyen inhibidores de las proteasas, lectinas, taninos y alfa-galactósidos (rafinosa, estaquiosa y verbascosa), también presentes en el haba de soja. El tratamiento con calor

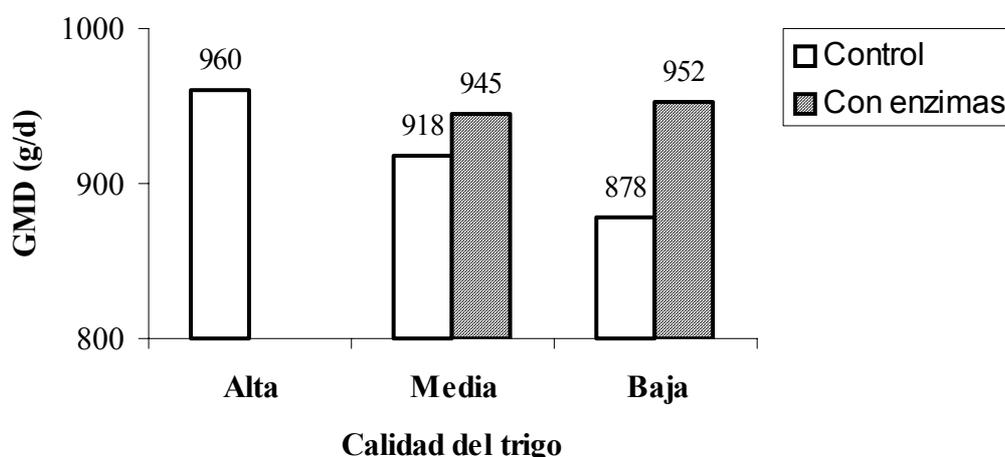
inactiva la mayoría de estas sustancias pero los resultados obtenidos incorporando niveles altos de guisantes en dietas de cerdos de engorde continúan siendo contradictorios.

Investigadores irlandeses (O'Doherty y Keady, 2000) trabajaron con una variedad de guisantes de primavera de flores blancas, incorporados crudos o extrusionados (120°C durante 30 segundos) a niveles de 200 ó 400 g/kg en dietas para cerdos de engorde entre los 33 a 100 kg de peso vivo. También estimaron la digestibilidad de la energía, materia orgánica, proteína y almidón, en un ensayo de digestibilidad. La extrusión redujo la actividad de los inhibidores de la tripsina en un 80% y la concentración de taninos en un 40%, aumentó al doble la gelatinización del almidón, pero no afectó a la concentración de alfa-galactósidos. Comparada con una dieta control positiva basada en harina de soja, una dieta con 200 g/kg de guisantes no disminuyó los rendimientos. Sin embargo, aumentando el nivel de incorporación de los guisantes, de 200 a 400 g/kg, redujo la digestibilidad y la velocidad de crecimiento (-12%) y empeoró el índice de conversión (+8%). La extrusión de los guisantes evitó estos efectos negativos. Por lo tanto, los guisantes pueden ser incorporados a niveles de hasta 200 g/kg en dietas para cerdos en crecimiento-cebo si se suministran crudos, mientras que si se suministran procesados por calor pueden utilizarse niveles más altos, de hasta 400 g/kg.

#### **3.1.4.- Trigo de baja calidad con enzimas**

El trigo es el principal ingrediente de los piensos en muchas partes del mundo. La calidad del trigo es muy variable e influye enormemente en los rendimientos productivos de los animales. Un aspecto de gran importancia en la calidad del trigo es la concentración de arabinoxilanos, una fracción de PNA que resiste la digestión en el intestino delgado. Un equipo de investigadores británico y australiano (Cadogan et al., 2000) estableció la calidad de tres lotes de trigo en un ensayo piloto de crecimiento y los clasificó como de baja, media y alta calidad. Se formularon tres dietas para cerdos de cebo con las tres clases de trigo, suplementadas o no con una enzima carbohidrasa (xilanasas de *Trichoderma longibrachiatum* con 4000 unidades/g de producto). La velocidad de crecimiento disminuyó linealmente al empeorar la calidad del trigo. El índice de conversión no resultó significativamente afectado por los tratamientos. La suplementación enzimática restauró los resultados de velocidad de crecimiento de los cerdos alimentados con trigos de media y baja calidad a los niveles alcanzados con trigos de calidad alta (figura 3). Por tanto, la calidad del trigo afecta significativamente a los rendimientos productivos, pero las carbohidrasas pueden reducir el impacto negativo de trigos de baja calidad.

**Figura 3.- Efecto de la calidad del trigo y de la suplementación con xilanasas sobre la ganancia de peso en cerdos de cebo (Cadogan et al., 2000)**



### 3.2.- Ingredientes que mejoran la calidad de la carne

#### 3.2.1.- Vitamina E

Las recomendaciones mínimas de vitamina E para cerdos en acabado están en torno a los 11 mg/kg, de acuerdo con el NRC (1998). La adición de niveles altos de vitamina E (100-200 mg/kg) se recomienda para prolongar la vida útil de la carne. Sin embargo, todavía algunos trabajos indican que la suplementación con vitamina E no siempre es eficaz para prevenir la oxidación de lípidos de la canal. Un grupo de investigadores estadounidense (Hasty et al., 2001) comparó cinco niveles de vitamina E (0, 75, 150, 300 y 600 mg/kg) y dos genotipos diferentes de cerdos (Berkshire vs Hampshire) con una distribución factorial 2x5 de los tratamientos. El genotipo Berkshire se caracteriza por su alto contenido en grasa intramuscular, mientras que el Hampshire es más magro y similar a los genotipos actuales utilizados como machos terminales. La dieta basal, que fue suministrada durante las 6 semanas previas al sacrificio, estaba basada en maíz y harina de soja y contenía un 2,5% de grasa añadida, 0,83% de lisina y 15 mg/kg de vitamina E. La carne de cerdos Berkshire fue más oscura, con menos tonos rojos y amarillos, y con menores pérdidas por goteo después de 2, 4, 6 y 8 días de almacenamiento a 4°C comparada con la de Hampshire. La suplementación con vitamina E no afectó a ninguno de estos parámetros. La oxidación de la canal en Hampshire también fue mayor que en Berkshire y en ambos casos aumentó con el tiempo transcurrido desde el sacrificio. La adición de vitamina E previno una oxidación excesiva de la canal en Hampshire pero no tuvo efecto en Berkshire, donde la oxidación fue mínima. En conclusión, la calidad de la canal de cerdos estándar (p. ej., Hampshire) durante el almacenamiento puede ser mejorada con la adición de vitamina E a los piensos de acabado, de forma lineal con niveles crecientes de suplementación de hasta 600 mg/kg. Por el contrario, dosis elevadas de vitamina E no suponen ninguna ventaja para genotipos de cerdos con alta calidad de la canal.

### **3.2.2.- Vitamina E y flavor del jamón ibérico**

Para determinar los efectos de la dieta sobre el perfil de ácidos grasos en jamones curados, se comparó la composición en lípidos de los jamones de cerdos ibéricos obtenidos con tres sistemas de producción diferentes (Timon et al., 2002). Los cerdos fueron alimentados (1) bajo un sistema extensivo basado en bellotas y pasto, (2) confinados en jaulas (sistema intensivo) con una dieta control típica o (3) en intensivo con la dieta control y 100 IU/kg de vitamina E. La grasa de la canal de cerdos explotados en el sistema extensivo fue más insaturada, con un mayor porcentaje de ácidos grasos mono- y poli-insaturados que la de cerdos alimentados en intensivo. La adición de vitamina E retrasó la oxidación de la grasa de la canal de cerdos criados en intensivo al mismo nivel que el observado en la grasa de cerdos en extensivo. Los ácidos grasos volátiles (responsables del aroma) aumentaron por la suplementación con vitamina E, en comparación con los obtenidos con la dieta control, pero su perfil fue diferente al observado en cerdos alimentados con bellotas y pasto. Por lo tanto, los cerdos ibéricos explotados en intensivo requieren niveles altos de antioxidantes en la dieta para producir jamones curados de una alta calidad e intensidad de aromas. Esta suplementación puede probablemente mejorar el flavor en productos obtenidos con genotipos de cerdos magros en condiciones comerciales.

### **3.2.3.- Las bellotas convierten a los cerdos Landrace en Ibéricos?**

En otro trabajo más reciente (Morale et al., 2003) se estudió si el contenido en grasa corporal, su composición y su distribución podían ser modificadas en genotipos magros (Landrace) que recibían dietas parecidas a las habitualmente consumidas por cerdos Ibéricos. Las dietas formuladas fueron isonutritivas y la única diferencia entre ellas fue la fuente base de carbohidratos: bellotas o una mezcla de maíz, bellotas y sorgo. Los cerdos ibéricos mostraron mayores consumos de pienso y, por tanto mayor contenido en grasa dorsal e intramuscular que los Landrace, sin que existieran diferencias entre razas para la ganancia diaria de peso. La grasa de cerdos ibéricos tuvo un contenido más alto de ácidos grasos mono-insaturados y más bajo de poli-insaturados que la grasa de cerdos Landrace. La dieta tuvo un efecto pequeño sobre la cantidad de grasa de la canal, mostrándose una tendencia hacia una deposición mayor de grasa con dietas basadas en cereales, debido a su menor concentración en ácidos grasos poli-insaturados. Se concluye que la cantidad y calidad de la grasa está determinada principalmente por el genotipo y en menor medida por la manipulación de la dieta. Esto también implica que los cerdos Ibéricos criados en condiciones intensivas, con dietas convencionales basadas en granos, pueden producir jamones curados de calidad aceptable utilizando regímenes de alimentación adecuados.

### 3.2.4.- Vitamina A y grasa intramuscular

La grasa intramuscular es un atributo deseable (al menos en algunas culturas) en la carne de cerdo porque mejora la percepción del sabor y la calidad sensorial. Pero, la grasa intramuscular está correlacionada positivamente con la deposición de grasa dorsal, la cual es indeseable desde un punto de vista de rendimiento de la canal. Además, la grasa intramuscular está influenciada por la genética, de modo que ciertas razas (Duroc, Berkshire) producen carne con mayor infiltración de grasa. Medidas nutricionales encaminadas a aumentar la grasa intramuscular sin producir canales más grasas no han sido investigadas, al menos hasta estos últimos años. Un equipo de investigadores australiano utilizó 50 hembras híbridas para determinar el efecto de cambios en la dieta sobre la deposición de grasa intramuscular (D'Souza et al., 2003). Los animales fueron distribuidos al azar a los siguientes tratamientos:

1. Control que recibía piensos típicos de crecimiento y acabado.
2. Reducción de un 15% de la relación energía:proteína (E:P) durante la fase de crecimiento.
3. Reducción de un 30% de la relación E:P durante la fase de crecimiento.
4. Adición de grasa (6%) sólo durante la fase de crecimiento.
5. Sin suplementación con vitamina A durante las fases de crecimiento y acabado.

No existieron efectos negativos sobre los rendimientos productivos durante las fases de crecimiento, de acabado, ni en el conjunto del periodo de cebo, excepto una reducción de la eficacia alimenticia para las dietas con una relación E:P un 30% inferior a la dieta control en el periodo global. Los cerdos alimentados con ratios E:P reducidos y aquellos que recibían dietas sin vitamina A suplementaria presentaban porcentajes mayores de grasa intramuscular (alrededor del 2-3%) comparados con los del tratamiento control o con aquellos alimentados con dietas con un 6% de grasa añadida. Sin embargo, los cerdos control presentaban valores de rendimientos a la canal superiores a los obtenidos con cualquiera del resto de las dietas. Los tratamientos no afectaron al total de grasa de la canal, el porcentaje de magro, ni la concentración de minerales óseos. En conclusión, reduciendo el ratio E:P en un 15% durante la fase de crecimiento mejora sustancialmente el contenido en grasa intramuscular. Posiblemente, se puedan obtener incrementos mayores en la deposición de grasa intramuscular si estas dietas se mantienen durante la fase de acabado. La reducción de la relación E:P de las dietas puede ser alcanzada bien aumentando el nivel de proteína de las dietas o bien reduciendo su densidad energética. Como de esta manera el coste de alimentación puede aumentar (los cerdos consumirán bien más proteína o bien más pienso, respectivamente), la alternativa de eliminar de la suplementación con vitamina A parece ser más efectiva desde el punto de vista del coste, pero esta estrategia debe ser valorada teniendo en cuenta que puede ser percibida de forma negativa por parte de los consumidores.

### 3.2.5.- Linaza

El consumo de alimentos ricos en ácidos grasos n-3 es recomendado intensamente por los expertos en salud de todo el mundo. Por ejemplo, el aceite de pescado es una fuente rica ácidos grasos n-3, pero su baja palatabilidad y su alta susceptibilidad al enranciamiento impide su utilización más extendida. El suministro de dietas suplementadas con ácidos grasos n-3 a cerdos puede ser otra manera de crear un alimento nutritivo (p. ej. carne de cerdo) que puede favorecer a la salud en humanos.

Un grupo de investigadores británico (Riley et al., 2000) intentaron incrementar la concentración de ácidos grasos n-3 en la carne suministrando a los cerdos dietas basadas en semillas de linaza durante un periodo corto o largo antes de ser sacrificados. Las semillas de linaza contienen en torno a un 35% de aceite y alrededor de la mitad es alfa-linolénico, un ácido graso de la serie n-3. En el primer ensayo, los cerdos (87 kg) recibieron dietas con un 0 o un 11% de linaza durante 20 ó 27 días antes del sacrificio. En el segundo ensayo, los animales (46 kg) fueron alimentados con dietas que incorporaban un 0, 1, 2 y 3% de linaza durante 54, 62, 68, o 75 días antes del sacrificio. La adición de linaza incrementó marcadamente la concentración de ácidos grasos n-3 en la carne, del orden de 3 a 5 veces en comparación con el control, sin afectar a la velocidad de crecimiento, las características de la canal o la calidad de la carne. Las dietas con linaza redujeron la relación de ácidos grasos n-6:n-3 en la carne por debajo de 5:1, un ratio recomendado por las autoridades sanitarias. El suministro de dietas con un 3% de linaza durante 54 días antes del sacrificio produjo resultados similares a los obtenidos con un 20% de linaza durante los últimos 20 días de cebo. Sin embargo, los animales en el ensayo de larga duración consumieron sólo un 73% de la cantidad total de linaza que fue consumida por los animales en el ensayo de corta duración. Es importante destacar que todas las dietas fueron suplementadas con 200 mg/kg de vitamina E. Este aspecto es absolutamente necesario para prevenir las pérdidas de calidad de la carne observadas en trabajos anteriores que indicaban la existencia de sabores indeseables en la carne de cerdos alimentados con dietas basadas en linaza.

### 3.2.6.- Bicarbonato sódico

El bicarbonato sódico es un buffer alcalino relativamente económico. Recientemente, investigadores franceses (Dourmad y Lebret, 2000) revelaron un efecto desconocido de este ingrediente sobre la composición de la canal. En un ensayo de crecimiento, 54 hembras y machos castrados recibieron los siguientes tratamientos:

1. Dieta control
2. Control con un 0,5% de bicarbonato sódico
3. Control con un 1% de bicarbonato sódico.

Todas dietas fueron formuladas para contener sodio suficiente para cubrir o exceder las necesidades de los animales. El balance electrolítico ( $\text{Na} + \text{K} - \text{Cl}$ ) de las tres dietas fue 150, 210, y 270 mEq/kg, respectivamente. Los resultados indicaron que el bicarbonato sódico no modificó la ganancia de peso, el consumo de pienso o la eficiencia de utilización del alimento. Sin embargo, aumentó significativamente el porcentaje de magro de la canal desde el 59% en los cerdos alimentados con la dieta control a 61% en los animales que recibían las dietas con bicarbonato sódico, sin existir ventajas adicionales por la adición niveles superiores al 0,5%. Este efecto sobre la composición de la canal fue atribuido a una reducción del nivel de grasa interna. En conclusión, el bicarbonato sódico puede ser utilizado efectivamente para regular el balance electrolítico de las dietas. No obstante, si el efecto de reducción del contenido en grasa de la canal es debido al bicarbonato sódico *per se* o al aumento del balance electrolítico de las dietas debe aún ser determinado.

#### 4.- INGREDIENTES PARA REPRODUCTORES

Los trabajos de investigación con animales reproductores son siempre limitados dada la gran cantidad de recursos y tiempo que se necesita para dirigir ensayos significativos. La mayoría de los trabajos están enfocados al uso de aditivos para mejorar los rendimientos reproductivos.

##### 4.1.- Levaduras

Los productos derivados de levaduras han mostrado su eficacia para reducir el contenido en bacterias del tracto gastrointestinal, neutralizando bacterias que de otro modo podrían atacar al animal huésped. La utilización de estos productos ha estado principalmente dirigida a dietas de lechones, especialmente en esquemas de producción donde el uso de agentes antimicrobianos está restringido a su utilización como terapéuticos. Un grupo de investigadores estadounidense (O'Quin et al., 2001) evaluó un producto derivado de levaduras en 1026 cerdas (media de 3,3 partos y 264 kg de peso vivo). Las dietas de gestación fueron suplementadas con 0 ó 0,2% del producto de levaduras y fueron suministradas tres semanas antes de parto, mientras que las dietas de lactación fueron suplementadas con 0 ó 0,1% de levaduras y suministradas durante toda la lactación. La concentración de micotoxinas fue baja y similar en todas las dietas. La adición de las levaduras no afectó a las pérdidas de peso de las cerdas, ni al número de lechones nacidos vivos, nacidos muertos o momificados. El crecimiento de la camada, sin embargo, resultó mejorado en alrededor de un 8% con la adición de las levaduras y la mortalidad pre-destete se redujo desde 11,3 a 9,1%. Las muestras de calostro tomadas justo antes del parto en cerdas recibiendo la dieta suplementadas con levaduras presentaban una alta concentración de inmunoglobulinas, especialmente IgG (+20% sobre el grupo control).

Otro grupo de investigadores de USA también evaluó el mismo producto en dietas para cerdas gestantes y lactantes (Newman y Newman, 2001). Un total de 24 cerdas fueron divididas en dos grupos y alimentadas con una dieta control o suplementada con el producto de levaduras desde el día 14 antes del parto hasta el día 21 de lactación. En este estudio, la concentración de inmunoglobulinas en el calostro (especialmente IgM, pero no IgG) también aumentó en las cerdas que recibían las dietas con levaduras. El crecimiento de la camada mejoró un 8% (peso al destete: 6,6 vs 7,1 kg), pero no se detectaron diferencias en la mortalidad de los lechones probablemente debido al pequeño tamaño de la muestra (12 cerdas/tratamiento). En conclusión, parece que la adición de levaduras en dietas de cerdas mejora el crecimiento de la camada y puede reducir la mortalidad al aumentar la concentración de inmunoglobulinas en el calostro. Todavía no ha sido investigado si este efecto persiste en la leche o si la suplementación con levaduras durante la gestación es suficiente para mejorar el crecimiento de la camada. Definitivamente, las levaduras son un aditivo interesante que merece ser investigado en el futuro. Resultados similares han sido obtenidos en otros estudios con levaduras vivas.

#### 4.2.- Valina

La valina es un aminoácido y su principal fuente en las dietas son los ingredientes naturales. Por tanto, establecer unos requerimientos de valina en las dietas afecta marcadamente a los niveles de incorporación en las fórmulas de ingredientes como la harina de pescado, la proteína de patata y la proteína de soja. Existe una confusión importante sobre el tema de los requerimientos de valina en dietas de cerdas lactantes ya que los primeros resultados obtenidos por un grupo de investigadores de USA no han podido ser confirmados en trabajos posteriores en otras estaciones experimentales. Por lo tanto, se diseñó un estudio conjunto entre seis universidades americanas para investigar este controvertido tema (Carter et al., 2000). Un total de 231 cerdas híbridas de distintas paridades (media= 2,3 partos) recibieron una dieta de gestación basada en maíz y soja con 6,6 g/kg de lisina total. Tras el parto, las cerdas fueron distribuidas a cuatro grupos de tratamientos con 7,0; 8,3; 9,3 y 10,7 g/kg de valina total en las dietas. Todas las cerdas alimentaron a camadas de más de 10 lechones durante un periodo medio de 25 días. Dado que el consumo de pienso no resultó afectado por los tratamientos, el consumo de valina aumentó linealmente al aumentar la concentración de valina en las dietas. El rendimiento de la camada, medido en términos de supervivencia, ganancia de peso y peso al destete no resultaron modificados por el nivel de valina en las dietas de las cerdas. El cambio de peso de las cerdas durante la lactación y la duración del intervalo de retorno al estro tampoco estuvieron afectados por la concentración de valina de las dietas. Por tanto, parece confirmarse que cerdas lactantes alimentando camadas numerosas hasta los 25 días post-parto no necesitan más de 8 g/kg de valina total en una dieta conteniendo 9 g/kg de lisina y 14,5 MJ/kg de energía digestible.

### 4.3.- Minerales para reproductoras

Numerosos estudios de investigación se han dirigido a estudiar los efectos del balance electrolítico (dEB) de las dietas sobre los rendimientos productivos de cerdos de engorde. Un trabajo reciente evaluó los efectos del dEB sobre los rendimientos de cerdas reproductoras (DeRouchey et al., 2003). Un total de 153 cerdas (paridad media = 2,2) recibieron dietas de similar composición que diferían en el dEB (0, 100, 200, 350, y 500 mEq/kg) mediante la adición de ácidos y sales. Un aumento del dEB se tradujo en un incremento del pH de la sangre y redujo la carga microbiana en la orina (un índice de las potenciales infecciones urinarias en cerdas). El consumo de pienso y agua, el crecimiento de las camadas y los cambios de espesor de grasa dorsal de las cerdas no resultaron afectados por los tratamientos. Sin embargo, una reducción del dEB incrementó linealmente la supervivencia de los lechones en el día 10 de lactación. Como conclusión señalar, que un dEB bajo en dietas simples maíz-soja (en torno a 200 mEq/kg) tuvo efectos importantes sobre el estado fisiológico de las cerdas y redujo significativamente la mortalidad de los lechones, sin afectar negativamente a los rendimientos reproductivos de las cerdas.

### 4.4.- Extractos de plantas

La utilización de extractos de hierbas y especias en dietas starter para lechones está aumentando actualmente pero su eficacia en dietas para cerdas lactantes todavía no ha sido demostrada. Durante la lactación, cuando el consumo no es suficiente para cubrir las altas necesidades derivadas de la producción de leche en las modernas líneas de cerdas hiperprolíficas, un aumento de la eficacia alimenticia podría traducirse en una producción extra de leche y, por tanto, en mayores crecimientos de las camadas. Investigadores británicos (Ilsley et al., 2002) publicaron recientemente que la adición de una preparación de extractos de plantas (100 g/MT), compuesta de pimienta, canela, orégano, tomillo y anís, aumentó la digestibilidad de las dietas de cerdas desde el 81 al 85%. Como era de esperar, la ganancia de peso de la camada también aumentó en un 4,5% en el día 21 de lactación (6,88 versus 6,58 kg) con la adición de extractos de plantas a las dietas de cerdas. Este ensayo preliminar fue realizado con 80 cerdas asignadas a cuatro tratamientos. Los autores de este trabajo indican que el ensayo se repitió obteniendo los mismos resultados favorables. Parece, por tanto, que los extractos de plantas pueden ayudar a aumentar la digestibilidad de las dietas de cerdas lactantes.

### 4.5.- Vitaminas y calidad del semen

En un trabajo de investigación conjunto de Canadá y Francia (Audet et al., 2003) se investigaron los efectos de las vitaminas de la dieta sobre la libido y las características del semen en verracos jóvenes bajo condiciones normales e intensivas de recolección. Un total de 60 verracos (6-10 meses de edad) fueron asignados a los siguientes tratamientos:

1. Dieta control con niveles normales de vitaminas y minerales

2. Control más vitamina C
3. Control más un extra de vitaminas liposolubles (A,D,E,K)
4. Control más un extra de vitaminas hidrosolubles

Los verracos que recibían la dieta fortificada con vitaminas liposolubles presentaban niveles más altos de vitamina E en el plasma sanguíneo, mientras que aquellos que recibían la dieta suplementada con vitaminas hidrosolubles mostraban niveles plasmáticos más altos de vitamina B6 y ácido fólico. Los niveles de ácido fólico fueron también marginalmente más elevados en el plasma seminal de verracos recibiendo dietas suplementadas con vitaminas hidrosolubles. Durante la recolección intensiva de semen, la cantidad de semen recogida tendió a ser mayor en verracos alimentados con dietas suplementadas con vitaminas hidrosolubles, mientras que este efecto fue menor en verracos que recibían una suplementación extra de vitaminas liposolubles. La morfología espermática y la libido no resultaron afectados por los tratamientos. Estos resultados indican que durante la recolección intensiva de semen (diaria durante dos semanas), la producción de semen puede ser aumentada suministrando un aporte extra de vitaminas hidrosolubles. Sería interesante determinar si la suplementación con ácido fólico puede producir resultados similares.

## 5.- REFERENCIAS

- AUDET, I., LAFOREST, J.P., MARTINEAU, G.P. y MATTE, J.J. (2003) *Journal of Animal Science* 82: 626-633.
- CADOGAN, D.J., PARTRIDGE, G.G. y SIMMINS, P.H. (2000) *Proceedings of the British Society Animal Science Annual Meeting*, pp: 21.
- CARTER, S.D., HILL, G.M., MAHAN, D.C., NELSEN, J.L., RICHERT, B.T. y SHURSON, G.C. (2000) *Journal of Animal Science* 78: 2870-2884.
- DEROUCHEY, J.M., HANCOCK, J.D., HINES, R.H., CUMMINGS, K.R., LEE, D.J., MALONEY, C.A., DEAN, D.W., PARK, J.S. y CAO, H. (2003) *Journal of Animal Science* 81: 3067-3074.
- DOURMAD, J.Y. y LEBRET B. (2000) *Journeaux de la Recherche Porcine, France* 32: 163-168.
- D'SOUZA, D.N., PETHICK, D.W., DUNSHEA, F.R., PLUSKE, J.R. y MULLAN, B.P. (2003) *Australian Journal of Agricultural Research* 54: 745-749.
- EWUSHIK, A.L., BERTOLO, R.F.P. y BALL, R.O. (2001) *Canadian Journal of Animal Science* 80: 653-662.
- FERRINI, G., BORDA, E., MARTINEZ-PUIG, D., GARCIA-MANZANILLA, E., MARTIN-ORUE, S. y PEREZ, J. (2004) *Journal of Animal Science* 82 (Suppl. 1): 24.

- FIALHO, E.T., RODRIGUES, P.B., LIMA, J.A.F., SILVA, H.O. y OLIVEIRA, V. (2004) *Journal of Animal Science* 82 (Suppl. 1): 22.
- GIL, B.P., MELLANGE, J. y ROOKE, J.A. (2000) *Animal Science* 70: 107-118.
- HASTY, J.L., VAN HEUGTHEN, E. y SEE, M.T. (2001) *Journal of Animal Science* 79 (Suppl. 1): 68.
- HERNANDEZ, J., BORBOLLA, A., MENDOZA, R. y GARCIA, G. (2000) *Journal of Animal Science* 78 (Suppl. 1): 175.
- ILSLEY, S.E., MILLER, H.M., GREATHEAD, H.M.R. y KAMEL, C. (2002) *Proceedings of the British Society of Animal Science Annual Meeting*, York, UK, pp: 23.
- JAIKARAN S. (2001) *Western Hog Journal*,  
<http://www.albertapork.com/whjournal/spring01/article1.htm>
- LEE, Y.L., CESARIO, T., OWENS, J., SHANBROM, E. y THRUPP, L.D. (2002) *Journal of Nutrition* 18: 665-666.
- MARIBO, H. (2000) *Proceedings of the British Society of Animal Science Occasional Meeting: "The Weaner Pig"*, pp: 31.
- MORALE J, BAUCCELLS MD, PEREZ JF, MOUROT J, AND GASA J. (2003) *Animal Science* 77: 215-224.
- MYER, R.O. (2001) *Proceedings of the Annual Midwestern Meeting of the American Society of Animal Science*, Des Moines, pp. 55.
- O'QUINN, P.R., FUNDERBURKE, D.W. y TIBBETTS, G.W. (2001) *Journal of Animal Science* 79 (Suppl. 1): 212.
- NEWMAN, K.E. y NEWMAN, M.C. (2001) *Journal of Animal Science* 79 (Suppl. 1): 189.
- O'DOHERTY, J.V. y KEADY, U. (2000) *Animal Science* 70: 265-274.
- OWUSU-ASIEDU, A., BAIDOO, S.K. y NYACHOTI, C.M. (2002) *Canadian Journal of Animal Science* 82: 367-374.
- OWUSU-ASIEDU, A., NYACHOTI, C.M. y MARQUARDT, R.R. (2003) *Proc. 9<sup>th</sup> International Symposium on Digestive Physiology of Pigs*. Banff, AB Vol (2). pp: 232-234.
- PARTANEN, K., SILJANDER-RASI, H., ALAVIHKOLA, T., SUOMI, K. y FOSSI, M. (2002) *Livestock Production Science* 73: 139-152.
- RILEY, P.A., ENSER, M., NUTE, G.R. y WOOD, J.D. (2000) *Animal Science* 71: 483-500.
- RIZVI, S., HARBOUR, D.A., PEARSON, G.R., PATEL, D., STOKES, C.R. y MILLER, B.G. (2001) *Proceedings of the annual meeting of the British Society of Animal Science*, York, pp: 23.
- THIEL-COOPER, R.L., PARRISH, F.C., SPARKS, J.C., WIEGAND, B.R. y EWAN, R.C. (2001) *Journal of Animal Science* 79: 1821-1828.
- TIMON, M.L., MARTIN, L., PETRON, M.J., JURADO, A., GARCIA, C. (2002) *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 186-191.

VICENTE, B, VALENCIA, D.G, LAZARO, R., LATORRE, M.A. y MATEOS, G.G.

(2004) *Journal of Animal Science* (Suppl. 1) 83:456.

YIN, Y.L., BAIDOO, S.K., JIN, L.Z., LIU, Y.G., SCHULZ, H. y SIMMINS, P.H. (2001)

*Livestock Production Science* 71:109-120.

ZHAO, J.M., LI, D.F., PIAO, X.S., YANG, W.J. y WANG, F.L. (2002) *Archives of*

*Animal Nutrition* 56: 33-40.

FEDNA