

## LA COMPOSICIÓN DE LAS DIETAS DE LAS CERDAS LACTANTES Y LA PRODUCCIÓN LÁCTEA

Morillo Alujas, Alberto<sup>1</sup>; Alvarez-Rodriguez, Javier<sup>2</sup>; Villalba Mata, Daniel<sup>2</sup>;  
Cano López, Guillermo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tests and Trials, S.L.

<sup>2</sup>Escuela Técnica y Superior de Ingenieros Agrónomos de Lleida.

### 1.- INTRODUCCIÓN

Las actuales líneas genéticas porcinas se han seleccionado ampliamente para la producción de un alto número de lechones y para conseguir su máxima viabilidad con el fin de obtener la máxima producción de carne por cerda y año. Los programas de mejora genética han conseguido este objetivo en los últimos años incrementando la prolificidad y por tanto incrementando la productividad (Santomá, 2011). La edad al destete en España ha aumentado, debido tanto a factores productivos como a factores legales, pasando de 21 días en los años 90 a ser entre 23 y 25 días actualmente según BDPorc, por lo que la demanda de leche por parte de los lechones se ha incrementado ya que su consumo de pienso durante la lactación es reducido de aproximadamente 250 g/d por camada a los 21 días de lactación (Sulabo et al., 2010).

Las genéticas porcinas actuales son capaces de producir de 10 a 12 kg de leche al día (Pluske et al., 1998; Ngo et al., 2012) alcanzando el pico de producción entorno al día 21 de lactación. Con estas producciones lácteas los lechones tienen un crecimiento de 180 a 240 g al día entre el nacimiento y el destete. La deposición de tejido corporal es debida al consumo de energía y proteína aportada por la leche materna.

A pesar del alto nivel de crecimiento de los lechones (alrededor del 6% de incremento de peso vivo al día durante la fase de lactación) un gran número de experiencias realizadas criando lechones de alta sanidad con lactancia artificial *ad libitum* destetados tras el nacimiento, demuestran que los estos lechones crecen más que sus coetáneos criados

bajo la cerda. Hodge en 1974 (citado por Pluske et al., en “The Lactating Sow”, (Verstegen et al., 1998)) obtuvieron crecimientos de 576 g/d desde los 10 a los 30 días de vida. Estos datos nos pueden llevar a pensar que el máximo crecimiento del lechón en la fase de lactancia sólo pueden ser conseguido si los lechones son alimentados de forma artificial desde pocos días después de su nacimiento.

Hay dos razones por las que el crecimiento de los lechones en la fase de lactación se ve restringido. La primera es debida a que la cerda no es capaz de producir toda la leche necesaria para maximizar el crecimiento de toda la camada. Harrell et al., (Harrell et al., 1993) calcularon que la producción láctea de la cerda empieza a limitar el crecimiento de los lechones alrededor de los 8-10 días de vida y esta diferencia entre oferta y demanda se incrementa a lo largo de la lactación (cuadro 1) siendo más acusado este efecto en las líneas hiperprolíficas. Se estima que el día 21 de lactación la cerda debería producir 18 kg de leche al día para suplir las necesidades energéticas y que los lechones mantuvieran crecimientos como los que se consiguen mediante lactación artificial.

**Cuadro 1.- Media y error estándar de la producción láctea, crecimiento de lechones y composición láctea determinados en dos estadios de lactación de cerdas primíparas alimentadas de forma restringida, ad libitum o superalimentadas (Pluske et al., 1998)**

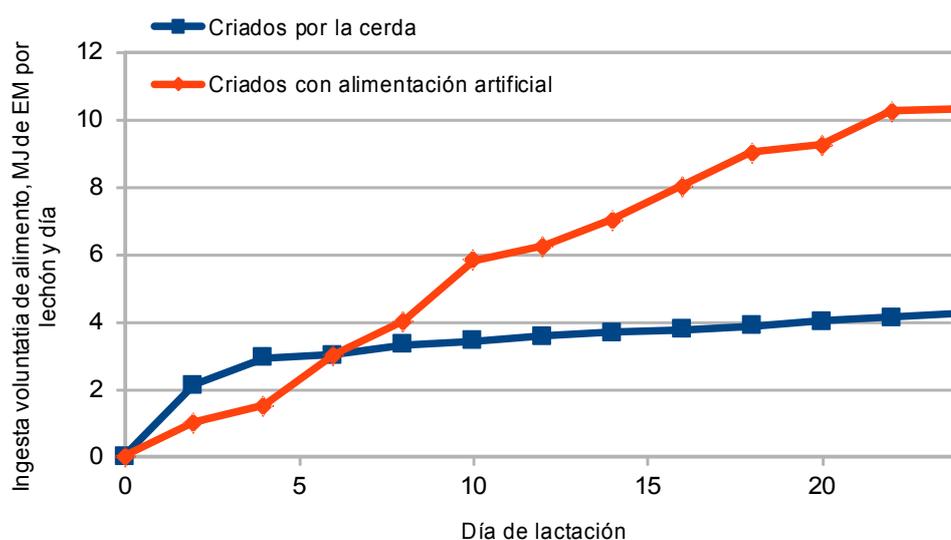
Variable	Tratamiento		
	Restringida	<i>Ad libitum</i>	Superalimentadas <sup>1</sup>
10-15 días de lactación			
Producción láctea, kg/d	8,9 ± 0,65	9,2 ± 0,51	9,8 ± 0,57
Ganancia media diaria, g/d	248 ± 21,8	280 ± 16,9	290 ± 19,2
<i>Composición láctea, %</i>			
Proteína	5,2 ± 0,13	5,1 ± 0,13	5,1 ± 0,15
Grasa	7,9 ± 0,92	7,4 ± 0,22	7,8 ± 0,23
Lactosa	5,6 ± 0,11	5,5 ± 0,07	5,3 ± 0,16
Sólidos totales	19,6	18,9	19,1
21-25 días de lactación			
Producción láctea, kg/d	7,3 ± 0,53	8,8 ± 0,46	8,3 ± 0,61
Ganancia media diaria, g/d	210 ± 17,9	269 ± 15,6	206 ± 20,3
<i>Composición láctea, %</i>			
Proteína	5,2 ± 0,16	5,2 ± 0,18	5,1 ± 0,15
Grasa	7,1 ± 0,37	6,8 ± 0,43	7,6 ± 0,24
Lactosa	5,3 ± 0,11	5,6 ± 0,06	5,3 ± 0,18
Sólidos totales	18,5	18,5	18,9

1. Alimentadas con cánula intragástrica con 125% de su consumo ad libitum para conseguir un estado anabólico el día 28 de lactación.

Incluso con las mejoras genéticas y nutricionales alcanzadas en los últimos años parece difícil conseguir estas producciones lácteas quedando para la investigación nuevas técnicas de alimentación de lechones que hagan posibles estos crecimientos.

La segunda razón por la cual el crecimiento del lechón se ve restringido es debido a la composición de la leche de la cerda (Figura 1).

**Figura 1.- Ingesta voluntaria diaria (MJ de EM por lechón y día) de lechones alimentados por la cerda o mediante lactancia artificial tras ser destetados a 2-3 días de vida (modificado de Harrell et al., 1993)**



La leche es rica en grasa y baja en proteína (la proporción de proteína/energía es de 9,2 a 10,4 g de proteína/MJ de energía bruta), favoreciendo por lo tanto la deposición de grasa subcutánea. La leche de la cerda parece haber sido diseñada para aumentar la supervivencia de los lechones a través de una mayor deposición grasa tanto para el mantenimiento de la temperatura como para almacenar reservas grasas y no para maximizar su crecimiento. Además esta dieta baja en proteína actuaría como mecanismo de defensa ante determinadas enfermedades que podrían mermar la supervivencia del lechón. Por ejemplo, en casos de diarreas, dietas ricas en proteínas ejercen un efecto perjudicial para los lechones ya que el exceso de proteína es convertido en urea, un diurético, que lleva a una mayor deshidratación del lechón (Pluske et al., 1995).

Las necesidades de nutrientes (proteína, almidón, grasa, fibra, vitaminas y minerales) necesarios para la producción láctea de la cerda han sido revisados ampliamente y no forman parte del objetivo de esta revisión. El objetivo de esta revisión es conocer cómo determinadas materias primas y aditivos usados en la alimentación de la cerda lactante pueden afectar a su producción láctea. Primero revisaremos los mecanismos fisiológicos de la lactación de la cerda y los factores que mayoritariamente influyen en la producción láctea para seguidamente repasar las materias primas y aditivos y su influencia en la producción láctea a través de estudios de diferentes autores.

## 2.- MECANISMOS FISIOLÓGICOS DE LA LACTACIÓN DE LA CERDA

Un factor determinante en el potencial lechero de la cerda es el número de células mamarias presentes en el momento de iniciarse la lactación (Head et al., 1991). Los factores que inciden en el desarrollo mamario son de tipo nutricional, hormonal y de manejo.

Para maximizar la producción láctea de la cerdas deben tenerse en cuenta estrategias que aumenten el crecimiento de la glándula mamaria durante la gestación y la lactación debido a que la síntesis láctea se realiza en las células epiteliales mamarias y su número determina la producción láctea (Kim et al., 2013).

### 2.1.- Desarrollo de la glándula mamaria

El desarrollo mamario se incrementa a partir del día 90 de vida multiplicándose por un factor entre 4 y 6 a partir de ese momento (Sørensen et al., 2002) aumentando el parénquima especialmente a partir de la pubertad. Una vez alcanzada la primera gestación, el desarrollo mamario se centra en el último tercio de la gestación produciéndose cambios histológicos que dan lugar a la aparición del aparato secretor lácteo (Ji et al., 2006). Ji et al en 2006 apreciaron cambios de composición en el tejido mamario en el último tercio de gestación pasando de un contenido altamente lipídico a proteico (Ji et al., 2006).

A partir del día 90 de gestación se inicia así mismo el proceso lactogénico acumulándose abundantes secreciones en los alvéolos mamarios (Kensinger et al., 1982). Además existen evidencias que muestran que las cerdas no son capaces de proveer suficientes nutrientes durante el fin de la gestación para maximizar el crecimiento fetal y mamario (Kim et al., 2009; Kim et al., 2013).

El desarrollo mamario continúa durante la lactación incrementándose el peso de las mamas funcionales un 57% entre los días 5 a 21 de lactación debido tanto a hiperplasia como a hipertrofia (Kim et al., 1999). El desarrollo de cada una de las diferentes mamas está relacionado con su posición, probablemente debido a un efecto de intensidad del masaje producido por los lechones al mamar (Thodberg and Sørensen, 2006) por un efecto de irrigación sanguínea (Ji et al., 2006; Kim et al., 2013) y por el ciclo de parto, incrementándose el peso total durante la lactación en 70, 20 y 30% en cerdas de ciclo 1 al 3 respectivamente (Beyer et al., 1994). Las mamas más productivas son las torácicas, seguidas de las abdominales y finalmente de las inguinales (Kim et al., 2001).

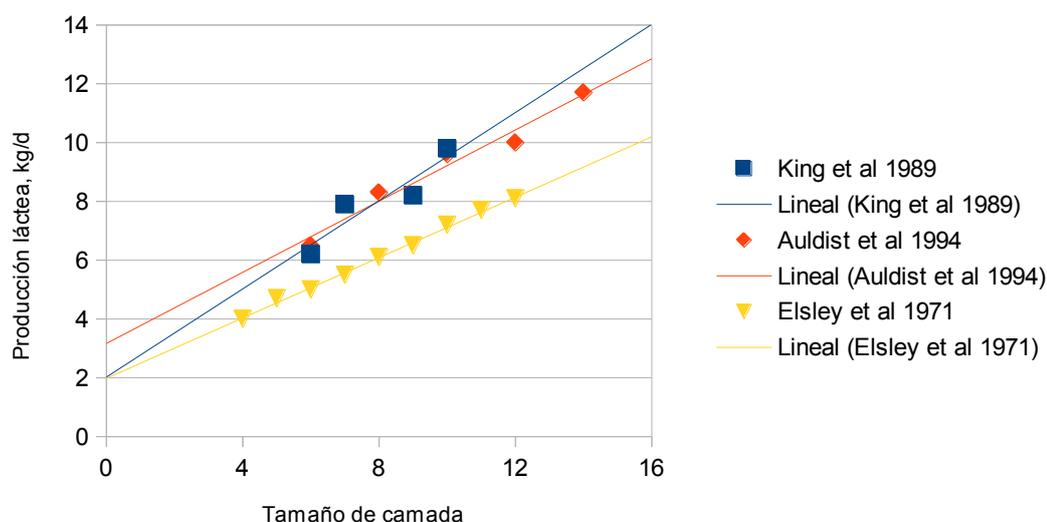
El hecho de que el tamaño de la mama esté correlacionado con el crecimiento del lechón que mama dicha mama, hace que el conocimiento de los factores que influyen en el desarrollo mamario sea de capital importancia (Farmer, 2013). Farmer en 2013, en una revisión de los tratamientos tanto hormonales como nutricionales y de manejo que incrementan el parénquima y el ADN del parénquima, describe incrementos del 116 % en la masa del parénquima mediante la inyección de prolactina. En el cuadro 2 (modificada de Farmer, 2013) podemos ver un resumen de los principales efectos sobre la masa del parénquima y sobre la cantidad de ADN en el mismo de los diferentes tratamientos

hormonales, nutricionales y de manejo, de donde podemos concluir que todavía desconocemos mucho acerca de los factores que intervienen en la mamogénesis de la cerda.

## 2.2.- Factores dependientes de la cerda que afectan a la producción láctea: tamaño de camada, ciclo de parto y estadio de la lactación

El tamaño de la camada es el factor más importante en la productividad lechera de las cerdas y así lo avalan numerosos estudios siendo esto debido al mayor número de mamas funcionales que producen leche. Existe una relación lineal entre el tamaño de camada y la producción lechera (Auldist et al., 1998; King et al., 1989; Kim et al., 2000; Kim et al., 2009; Kim et al., 2013) y aunque en los últimos años la producción de leche se ha incrementado, la pendiente de la recta en la relación entre tamaño de camada y producción láctea (Figura 2) es bastante similar (Auldist y King, 1995). En el metanálisis de Ngo et al., (Ngo et al., 2012), la producción de leche se incrementa en 0,75 kg/d por cada lechón extra, mientras que la cantidad de leche disponible para cada lechón se redujo, especialmente en camadas superiores a 12 lechones.

**Figura 2.- Efecto del tamaño de camada sobre la producción láctea en cerdas (Auldist y King, 1995)**



Parte de la variación en la medición de la producción láctea puede ser debida también al método utilizado y a las mejoras genéticas, nutricionales y de manejo realizadas en los últimos años.

Se han encontrado también diferencias en cuanto a la producción láctea y en unción del ciclo de la cerda aunque las conclusiones son escasas debido a la dificultad que entraña la medición en sucesivos ciclos de las cerdas siguiendo metodologías apropiadas. No obstante, generalmente, la producción láctea aumenta de la primera a la segunda lactación, se mantiene constante hasta la cuarta y posteriormente decrece (Ngo et al., 2012).

**Cuadro 1.- Efectos hormonales, nutricionales y de manejo sobre el parénquima mamario y la concentración de ADN en el mismo en diferentes estudios publicados. El tratamiento se inicia con S cuando fue realizado en cerdas y con G cuando fue realizado en nulíparas (como en el original, Farmer, 2013)**

Tratamiento	Efectos (%) sobre		Referencia (del original)
	Masa del parénquima	ADN del parénquima	
<i>Tratamientos hormonales</i>			
G: Genistein desde el día 90 al 183 de vida, %	(+)12,20	(+) 44,40	Farmer et al., 2010
G: Inhibición de la relaxina entre el día 80 y el 110 de gestación	(-) 47,00	Sin datos	Hurley et al., 1991
G: Factor liberador de hormona del crecimiento (GRF) desde el día 100 de gestación hasta el 29 de lactación	(-) 28,5	(+) 26,2	Farmer et al., 1997
G: Inhibición de la prolactina entre los días 70 al 110 de gestación	(-) 42,5	(-) 15,2	Farmer et al., 2000
G: Inhibición de la prolactina entre los días 90 al 110 de gestación	(-) 46,0	(-) 3,6	Farmer y Petitlerc, 2003
G: Prolactina durante 29 días (inicio a los 75 kg de peso vivo)	(+)116,4	(+) 160,9	Farmer y Palim, 2005
S: Prolactina del día 2 al 23 de lactación	(+)0,6	(-) 1,8	Farmer et al., 1999
<i>Tratamientos nutricionales</i>			
G: Restricción del alimento, 34%, entre los días 28 a 90 de vida	(-) 6,4	(+) 4,9	Sorensen et al., 2006
G: Restricción del alimento, 26%, entre los días 90 a 170 de vida	(-) 34,2	(-) 21,9	Sorensen et al., 2006
G: Restricción del alimento, 20%, entre los días 90 a 202 de vida	(-) 26,3	0	Farmer et al., 2004
G: 14,4 vs. 18,7 % de proteína bruta en el pienso entre los días 90 a 202 de vida	(+)9,4	0	Farmer et al., 2004
G: Crecimiento restringido entre las semanas 9 a 12 y 15 a 20 de vida	(-) 43,0	(+) 5,7	Lyvers-Peffer y Rozeboom., 2001
G: Pienso con 10% de linaza entre los días 88 entre 212 de vida	(+) 11,4	(-) 15,8	Farmer et al., 2007
G: Pienso con 10% de linaza desde el día 63 de gestación hasta el final de lactación	(+) 30,9	(+) 11,6	Farmer y Palim, 2008
G: Restricción de pienso y flushing en el periodo prepuberal: efecto en el día 235 de vida	(-) 19,4	(-) 6,7	Farmer et al., 2012b
G: Restricción de pienso y flushing en el periodo prepuberal: efecto en la gestación	(+) 2,4	(-) 4,3	Weldon et al., 1991
G: Incremento del 82% en la energía entre los días 75 a 105 de gestación	(-) 21,4	(-)1,0	Weldon et al., 1991
G: Incremento del 53% en la proteína entre los días 75 a 105 de gestación	(-) 9,5	(-) 1,0	Kusina et al., 1999
G: 16 vs. 4 g/d de ingesta diaria de lisina entre los días 25 a 105 de gestación	(-) 6,0	(-) 2,5	
<i>Estrategias de manejo</i>			
S: Incrementar el tamaño de la camada de 6 a 12 lechones	(+) 65,0	(+) 67	Kim et al., 1999b
S: Inhibición del uso de una mama en la 1ª lactación: efecto en el día 17 de la 2ª lactación	(-)13,2	(-) 4,5	Farmer et al., 2012c

Y como en otras especies animales, la producción láctea en la cerda sigue una curva parabólica invertida durante la lactación, incrementándose desde el inicio de la lactación, alcanzando su máximo alrededor de los 21 días de lactación para reducirse a partir de este momento (Hansen et al., 2012).

### 2.3.- Factores dependientes del lechón que afectan a la producción láctea: peso del lechón y frecuencia del amamantamiento

La influencia del peso al nacimiento sobre la producción láctea de la cerda ha sido descrita en numerosos estudios (Verstegen et al., 1998). Conforme crece el peso de la camada y más homogénea es ésta, mayor es la producción láctea de la cerda (Ngo et al., 2012). Los lechones más pesados son capaces de vaciar cada una de las mamas de una forma más eficaz que los lechones menos pesados (Hemsworth et al., 1976; Muns et al., 2013) y la cerda entonces produce más leche. En el experimento de King et al., (1997) las cerdas que tras el parto y entre los días 4 a 8 de lactación recibieron lechones de 17 a 29 días de edad produjeron un 26% más de leche que las cerdas control que recibieron lechones recién nacidos (King et al., 1997).

A mayor frecuencia de amamantamiento, mayor es la producción láctea durante una lactación (Špinka et al., 1997). Špinka et al., (1997) realizaron una serie de ensayos donde medían la producción láctea y determinaron que los lechones que se amamantaban de cerdas forzadas a hacerlo cada 35 minutos recibían un 23% menos de leche por amamantamiento que los que lo hacían cada 70 minutos pero consumieron un 27% más de leche y ganaron un 44% más de peso que los lechones que se amamantaban cada 70 minutos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.- Patrón de amamantamiento y resultados productivos de lechones que se amamantaban de forma artificial cada 35 ó 70 minutos (modificado de Špinka et al., 1997)**

<b>Variabes</b>	<b>Grupo de 35 minutos</b>	<b>Grupo de 70 minutos</b>	<b>Significación</b>
Amamantamientos perdidos, %	6,5	0	
Amamantamientos sin leche, %	10,7	1,1	P < 0,05
Número de amamantamientos en 24 h	33,9±1,4	20,2±0,2	P < 0,001
Leche por amamantamiento, g	22,5±1,1	29,3±1,3	P < 0,01
Leche en 24 h., g	755±42	595±27	P < 0,05

### 2.4.- Factores ambientales que afectan a la producción láctea

El fotoperiodo al que se someten las cerdas y lechones durante la lactación afecta a la producción láctea observándose que fotoperiodos de 16 a 20 h de luz son en los que las

cerdas muestran una mayor productividad (Mabry et al., 1982; Mabry et al., 1983; McGlone et al., 1988; Prunier et al., 1994; Simitzis et al., 2013).

Los estímulos auditorios que reciben los lechones por parte de la cerda incrementan la producción láctea debido a una mayor frecuencia en el amamantamiento (Petrie and Gonyou, 1988; Parfet and Gonyou, 1991; Cronin et al., 2001; Farmer et al., 2004; Fiset et al., 2004). Ruidos ajenos a la sala de partos por encima de 45dB(A) parece que afectan a la audición de los lechones resultando inaudibles los gruñidos de la cerda y por lo tanto disminuyendo el vaciado de la mama dando lugar a una menor producción láctea total.,

Las altas temperaturas afectan de forma negativa la producción lechera de la cerda (Prunier et al., 1994; Renaudeau et al., 2001; Rosero et al., 2011; Rosero et al., 2012). Numerosos estudios han demostrado esta circunstancia pero parece que no sólo sea debido a un descenso en el consumo voluntario diario de alimento, sino también a un incremento de la temperatura corporal interna de la cerda que hace que el flujo sanguíneo sea dirigido hacia la piel para permitir una mayor pérdida térmica a expensas del flujo sanguíneo hacia otros órganos incluyendo la glándula mamaria (Black et al., 1993). Esto resultaría en una menor síntesis láctea.

### **3.- MATERIAS PRIMAS Y PRODUCCIÓN LÁCTEA.**

#### **3.1.- Cereales**

La cebada, el trigo y el maíz son los cereales más usados en la alimentación de cerdas lactantes. Otros cereales (triticale, centeno, avena, sorgo y arroz) son de uso minoritario debido principalmente a su baja disponibilidad.

No existen cifras ni absolutas ni relativas, del uso de cereales en las dietas de cerdas lactantes. Debido a su composición química todos ellos tienen una alta digestibilidad para cerdas y no existen limitaciones a priori de su uso en dietas de cerdas lactantes (de Blas et al., 2003) (aunque Fedna en sus recomendaciones de 2010 aconseja no sobrepasar un 40% de trigo en las dietas de cerdas lactantes) y si existen, como el caso de la avena, son debidas a sus altos niveles de fibra o al riesgo de que contengan factores antinutricionales como los taninos del sorgo o contaminantes fúngicos en el caso del centeno. No obstante, la elección de un cereal frente a otro en dietas de cerdas lactantes ha tenido poca atención como factor que afecte a los resultados reproductivos y productivos (Park et al., 2010).

Si las dietas están equilibradas para cumplir las necesidades nutricionales de las cerdas lactantes no debe existir ninguna diferencia en la producción de leche de las cerdas, pero debemos tener en cuenta algunas consideraciones.

La cebada y la avena producen un mayor incremento calórico que el resto de cereales debido a que su relación EN/EM es menor que la del resto (de Blas et al., 2003). La avena y la cebada contienen también beta-glucanos en su composición formando parte de las paredes del endospermo. Así mismo pueden encontrarse beta-glucanos en las paredes de las levaduras y hongos consistiendo en residuos de 1,3 beta glicopiranosil con pequeñas

cantidades de enlaces ramificados 1,6 beta diferenciándose entre ellos por la longitud de la ramificación, siendo más cortos los de origen fúngico. Por el contrario la avena y la cebada contienen enlaces 1,4 beta ramificados y los beta-glucanos bacterianos sólo contienen enlaces no ramificados 1,3 beta (Volman et al., 2008). Posteriormente cuando se revisen los efectos de las levaduras y sus componentes, el mecanismo de acción de los beta-glucanos sobre la inmunidad será comentado.

Carter et al en 1999 estudiaron la influencia de diferentes cereales en dietas de cerdas lactantes y sus resultados en términos de producción láctea. Las dietas usadas contenían maíz, cebada, cebada suplementada con aceite de girasol o avena desnuda. Las dietas contenían la misma cantidad de lisina pero diferían en las concentraciones de energía metabolizable. Los autores llegaron a la conclusión de que las dietas con cebada o avena, si tienen ajustados el resto de requerimientos nutricionales, dan el mismo resultado en producción láctea (Carter et al., 1999). El peso de la camada, la ganancia media diaria y el contenido en grasa de la leche están correlacionadas con la energía ingerida a lo largo de la lactación por las cerdas independientemente del origen de la energía. Sin embargo estos autores, a pesar de usar dietas isoproteicas, encontraron que la cantidad de proteína bruta en la leche era mayor en la dieta a base de maíz (5,29; 4,90; 4,98 y 4,92% de proteína de la leche en las dietas de maíz, cebada, cebada con aceite de girasol y avena desnuda respectivamente;  $p < 0,10$ ) sin aportar explicaciones a la diferencia encontrada.

Park et al. (2010) estudiaron si el tipo de cereal, maíz o trigo y el tipo de grasa, aceite de girasol o grasa tenían alguna influencia en los resultados reproductivos y productivos en dietas de cerdas lactantes. Con 4 dietas (isoenergéticas en cuanto a energía metabolizable e isonitrogenadas en cuanto a lisina y metionina más cisteína totales) y 6 réplicas de una cerda por tratamiento, los autores encontraron mayores pérdidas de peso corporal y de espesor de grasa en las cerdas alimentadas con trigo que las cerdas de las dietas de maíz, independientemente del tipo de grasa usado. Los autores deducen que esta diferencia es debida al hecho de que la digestibilidad del maíz es mayor que la del trigo (cuadro 4).

En el mismo estudio anterior, los autores encontraron que con las dietas de maíz, la leche tenía una mayor concentración en sólidos totales, proteína y grasa que con las dietas de trigo, asociando este hecho a una mayor ganancia media diaria de los lechones y a un mayor peso al destete. Así mismo y asociado a ello, una mayor pérdida de peso y por lo tanto también de músculo dio lugar a una mayor concentración de creatinina en el suero de las cerdas con la dieta de trigo (observado también por Etienne et al., 1991). Las concentraciones de triglicéridos en sangre y de nitrógeno ureico fueron mayores en las cerdas de las dietas de maíz por lo que este hecho puede ser asociado a una mayor producción láctea y por lo tanto a una menor pérdida de peso de las cerdas de las dietas de maíz. Noblet et al., (Noblet y Etienne 1998) demostraron las correlaciones positivas entre las concentraciones sanguíneas de metabolitos en sangre y la producción de las cerdas lactantes.

**Cuadro 4.- Efectos de la fuente de cereal y grasa en parámetros productivos de cerdas lactantes (modificado de Park et al., 2010)**

Cereal	Maíz		Trigo		EEM	Valor p		
	Grasa animal	Aceite de soja	Grasa animal	Aceite de soja		Cereal	Grasa	Cereal x Grasa
Pérdida de peso corporal hasta el destete, kg	-18,10	-18,20	-24,00	-24,30	1,04	0,003	0,899	0,937
Pérdida de grasa dorsal hasta el destete, mm	-3,00	-3,10	-3,70	-3,60	0,01	0,034	0,786	0,753
Ganancia media diaria, g/lechón	237	239	229	229	2,10	0,012	0,781	0,971

Dada su composición en polisacáridos no amiláceos (PNA) la inclusión de enzimas que mejoren la digestibilidad de los mismos en las dietas de cerdas lactantes podría ser interesante. Walsh et al en 2012 realizaron una experiencia para observar el resultado de alimentar cerdas lactantes con dietas de alta o baja densidad energética a las que se había añadido o no una mezcla de enzimas activas frente a los PNA. Las dietas estaban compuestas principalmente de cebada y trigo (42,3% las dietas de baja densidad y 36,4% las dietas de alta densidad, mismos porcentajes de trigo que de cebada). Los resultados mostraron que la adición de esta enzima en esta experiencia no mejoraba ninguno de los parámetros estudiados que pudieran reflejar un incremento en la producción láctea (Walsh et al., 2012).

### 3.2.- Granos y solubles de destilería, DDGS

De la industria de la fabricación del etanol o de la obtención de alcohol para bebidas a partir de ingredientes ricos en almidón (maíz, trigo, sorgo y cebada) se obtienen los granos y solubles de cereales comúnmente llamados DDGS (de Blas et al., 2003). Song et al., en 2010 (Song et al., 2010) estudiaron los efectos de los DDGS en las dietas de cerdas lactantes con 5 dietas con niveles crecientes de DDGS (0, 10, 20 y 30% teniendo la quinta dieta un 30% de DDGS de alta proteína, HP). Los autores no encontraron ninguna diferencia en cuanto al peso de lechones al destete pero encontraron una tendencia a que las dietas con DDGS (no con DDGS-HP) aumentaran la ganancia diaria (256, 265, 262, 257 y 255 g/lechón/día,  $p=0,08$ ). Tampoco encontraron diferencias entre tratamientos en las concentraciones de grasa y proteína en la leche. Aunque las dietas fueron isocalóricas (3,32; 3,34; 3,50; 3,57 y 3,42 Mcal EM/kg respectivamente,  $p=0,11$ ) y no isoproteicas (18,04; 18,26; 17,70; 17,57 y 20,43% de proteína bruta respectivamente), las cerdas tendieron a tener una mayor ingesta diaria con las dietas suplementadas con DDGS (6,48; 6,57; 6,98; 6,65 y 6,47 kg/cerda/día respectivamente,  $p=0,10$ ) y por lo tanto mayor consumo diario energético aunque este no fue significativo ( $p=0,12$ ) a diferencia de otros estudios realizados con DDGS (Greiner et al., 2008; Hill et al., 2008). Este incremento en el consumo energético fue el responsable de la tendencia a un mayor crecimiento diario por parte de los lechones según los autores.

Otros efectos de los DDGS en las dietas de cerdas lactantes son que pueden mejorar la activación del mecanismo inmunitario según Stein y Shurson (2009) aunque no explican los mecanismos responsables de estos efectos (Stein y Shurson 2009). La inclusión de DDGS en las dietas incrementa el volumen de purines producidos debido a la baja digestibilidad de su materia seca. Si no se corrigen las dietas con el uso de aminoácidos cristalinos, el nitrógeno excretado puede ser también mayor. Por contra la excreción de fósforo disminuye debido a su alta digestibilidad.

Los DDGS contienen aproximadamente un 3,9% de sustancia seca como residuos de levaduras (Ingledeew, 1999). Los beta-glucanos, manano-oligosacáridos, quitina y las proteínas de las levaduras son fracciones importantes de las paredes de la levadura y muchos de estos componentes son capaces de estimular la fagocitosis (Stone, 1998). Las levaduras contienen también nucleótidos, glutamato, aminoácidos y vitaminas que puede afectar al sistema inmune de las cerdas alimentadas con DDGS (Stone, 1998).

### 3.3.- Harina de colza

La harina de colza doble cero (con un contenido en ácido erúico del 1% de la fracción grasa y 15  $\mu$ moles/g de glucosinolatos) es otra materia prima cuyo uso ha aumentado desde que ha aumentado la producción de biodiesel (Quiniou et al., 2012). La sinapina es el tercer factor antinutritivo de la colza que le confiere un sabor amargo. Dependiendo del origen, Europa, Canadá o Asia, su contenido en sustancias antinutricionales es mayor o menor así como también su contenido en proteína bruta (de Blas et al., 2003). Los efectos a largo plazo de los glucosinolatos sobre la reproducción de las cerdas han sido motivo para que la colza se vea con recelo por parte de los nutricionistas. La toxicidad de los glucosinolatos de la colza está relacionada con sus efectos goitrogénicos (antitiroideos) y sus productos de degradación (viniloxazolidona y tiocianatos) que intervienen en la síntesis de los precursores de las hormonas T3 y T4 en el caso de la viniloxazolidona y en la competencia por el yodo por parte del tiocianato (Rabot, 1991).

Quiniou et al., en 2012 realizaron un experimento con 96 cerdas durante 3 ciclos reproductivos consecutivos alimentándolas con un 10% de colza (su contenido en glucosinolatos fue de 14,5  $\mu$ mol por kg de materia seca). El consumo en glucosinolatos fue inferior a 5 y 8 mmol al día en las fases de gestación y lactación respectivamente que correspondieron a un contenido inferior a 2  $\mu$ mol por kg de materia seca. El consumo de pienso durante la lactación, el peso de la cerda y su grasa dorsal no estuvieron afectados por el tratamiento así como tampoco se vieron afectados el peso al nacimiento y al destete de los lechones ( $p>0,05$ ), El nivel de tiroxina en el plasma ( $p>0,10$ ) no se alteró por la inclusión de colza al 10%

El apetito de las cerdas lactantes puede verse comprometido con el uso de colza. Schöne et al., en 1999 observaron una reducción del 9% en el consumo diario de pienso en lactación (no significativa) con una dieta que contenía 2,1 mmol de glucosinolatos/kg de dieta y de un 18% en otra con 4,2 mmol de glucosinolatos/kg de dieta (4,77, vs. 4,34 kg/d para las dietas sin colza y con 7,5% de colza respectivamente;  $p>0,05$  y 4,77 vs. 3,90 kg/d

para las dietas sin colza y con 15% de colza respectivamente;  $p < 0,05$ ; Schöne et al., 1999). Sin embargo el mismo autor no encontró diferencias en el crecimiento de los lechones durante la lactación con ninguna de las anteriores dietas. Un interesante dato de este experimento fue la concentración de yodo en el suero de la cerda y de los lechones al destete así como en la leche (cuadro 5) que se redujo en las dietas que incluían colza como materia prima en comparación con la dieta control, recomendando los autores que en este tipo de dietas el nivel de yodo debe ser aumentado a 1 mg/kg

**Cuadro 5.- Concentración de yodo en suero de cerdas y lechones y en la leche de cerda en  $\mu\text{g}/\text{kg}$  al final de la lactación Schöne et al., 1999)**

Contenido en colza, g/kg	Control		Harina de colza
	0	75	150
Yodo en suero de la cerda, $\mu\text{g}/\text{kg}$	24a $\pm$ 5	32b $\pm$ 10	34b $\pm$ 6
Yodo en suero de lechones, $\mu\text{g}/\text{kg}$	65a $\pm$ 17	57b $\pm$ 12	57b $\pm$ 33
Yodo en leche, $\mu\text{g}/\text{kg}$	102a $\pm$ 80	60b $\pm$ 19	54b $\pm$ 15

En una misma fila, los tratamientos con diferentes letras son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Se hace necesario el análisis de las partidas de colza constantemente para garantizar estos niveles de ingestas de glucosinolatos.

### 3.4.- Materias grasas

#### 3.4.1.- Grasas y aceites

La adición de grasas o aceites a las dietas de cerdas lactantes para incrementar su densidad energética es una práctica habitual en la alimentación porcina (Vicente et al., 2013) buscando minimizar las pérdidas de peso corporal de la cerda durante la lactancia así como incrementar el peso a destete de los lechones (Pettigrew 1981; McNamara y Pettigrew, 2002) y su supervivencia. Además las grasas tienen un incremento menor de calor con respecto a los carbohidratos, fibra o proteína con lo que diferentes estudios han mostrado que puede ser interesante la adición de grasas en las cerdas en lactación sobre todo en momentos donde las temperaturas ambientales sobrepasan la termoneutralidad y el apetito de las cerdas es limitado (Coffey et al., 1982; Boyd y Kensinger, 1998). A pesar de que la adición de grasa a la dieta de las cerdas lactantes incrementa el nivel de grasa de la leche en casi todos los estudios realizados (Tilton et al., 1999a; Theil et al., 2004; Quiniou et al., 2008), la disminución de la pérdida de peso por parte de la cerda y el incremento en el peso al destete de los lechones o el incremento en la ganancia diaria del peso de los lechones parece ser más variable, dependiendo de los ciclos de parto estudiados, las dietas de referencia utilizadas, el tamaño de camada utilizado en los estudios, la cantidad de grasa utilizada en los estudios y el status sanitario de los animales donde se realiza el estudio.

En el estudio de Lauridsen et al (Lauridsen y Danielsen, 2004) los autores estudiaron la incorporación de una alta cantidad de grasa o aceite a una dieta manteniendo constante la cantidad de aminoácidos digestibles por unidad de energía neta (EN). Las

cerdas fueron alimentadas desde el día 108 al 111 de gestación con una dieta de 6,095 Kcal de EN/cerda/día, desde el 112 hasta un día tras el parto con 4,613 Kcal de EN/cerda/día y desde el día 2 post parto al destete con un sistema de *semi-ad libitum* en cantidades crecientes.

No hubo diferencias en la ingesta de las cerdas en ninguno de los tratamientos. En cambio cuando la ingesta se midió en términos de energía ingerida, la dieta con aceite de coco presentó el nivel más bajo y la dieta con grasa animal el más alto. La pérdida de peso de las cerdas durante la lactación estuvo influenciada por el ciclo de las mismas no observándose diferencias entre los tratamientos.

Ni la ganancia media diaria de los lechones ni su peso al destete estuvo influenciado por los tratamientos, pero el peso de la camada al destete fue mayor en la dieta con grasa animal debido a un incremento en la energía de la leche (observado también en Tilton et al., 1999b) y a la alta digestibilidad de la grasa de la leche (observado también en Cranwell and Moughan, 1989) y la menor ganancia media diaria fue en la dieta control y en la dieta con aceite de pescado, corroborando lo anteriormente discutido. Cuando se comparó la ganancia media diaria de los lechones en la dieta control frente a todas las dietas con grasa (cualquiera que ésta fuera) la adición de grasa mejoró este parámetro sin que hubiera diferencias en la cantidad de pienso consumido por los lechones durante la lactación (cuadro 6; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La adición de grasa no tuvo ninguna influencia sobre la producción diaria, la cantidad de materia seca, grasa y energía de la leche pero sí que se encontraron diferencias en la cantidad de ácidos grasos totales y en las concentraciones de vitaminas A y E. El perfil de ácidos grasos de la leche reflejó claramente como otros estudios han demostrado (Vicente et al., 2013), el perfil de los mismos en la dieta de las cerdas.

Quiniou et al. (2008) realizaron un experimento para comparar dietas con alta inclusión en almidón (almidón de maíz) o en grasa (aceite de soja, 5%) suministrando una dieta alta en almidón durante la gestación (a partir del día 35 de gestación) y la lactación a un grupo de cerdas o una dieta alta en grasa a otro grupo. Un segundo experimento consistió en suministrar sólo estas dietas durante la lactación. Las cerdas desde el inicio del experimento en el día 35 de gestación tenían una ingesta similar de nutrientes en ambos grupos. Durante la lactación y a partir del día 5 post parto, las dietas fueron suministradas ad libitum. Las dietas experimentales suministradas durante la gestación no afectaron el peso de los lechones al nacimiento siendo menor el porcentaje de lechones nacidos muertos en la dieta alta en grasa (4,0 vs. 7,5 %, para alta y baja en grasa respectivamente,  $p < 0,05$ ). Los lechones del grupo de cerdas con dieta alta en grasa durante la gestación y lactación fueron más pesados al destete que los lechones del grupo alto en almidón (9,49 vs. 9,09 kg/lechón para alta en grasa y alta en almidón,  $p < 0,05$ ), siendo mayor también el peso total de la camada (107,8 vs. 101,0 kg/camada para alta en grasa y alta en almidón,  $p < 0,05$ ) y la ganancia media diaria de la camada (3,20 vs. 3,01 kg/día/camada para alta en grasa y alta en almidón,  $p < 0,05$ ). En el experimento donde sólo se suministraron las dietas experimentales durante la lactación, sólo se encontraron diferencias en la ganancia media diaria de la camada (2,92 vs. 2,83 kg/día/camada para alta en grasa y alta en almidón,  $p < 0,05$ ).

En cuanto a las características de las cerdas en el experimento de Quiniou, la pérdida de peso corporal de las cerdas durante la lactación no estuvo afectada por el tratamiento en ninguno de los dos experimentos. La pérdida de grasa dorsal fue mayor en las cerdas de la dieta alta en grasa (gestación más lactación; -4,6 vs. -3,6 mm para alta en grasa y alta en almidón,  $p < 0,05$ ) significando este hallazgo un peor balance energético en las cerdas de la dieta alta en grasa y no hallándose diferencias cuando las dietas experimentales eran suministradas solamente durante la lactación. Esto puede indicar, según los autores, que la energía extra aportada por las grasas es usada por la cerda para incorporarla en la leche y no para sus reservas grasas como indica también el trabajo de Jones et al., (Jones et al., 2002). Estos últimos también encontraron que la productividad de los lechones durante la lactación no estaba afectada por el contenido de grasa de la dieta de la cerda.

Un hallazgo interesante en los estudios de Quiniou et al., fue que los lechones del experimento donde solamente se suministraban las dietas experimentales en la lactación tenían diferente consumo de pienso durante la lactación (creep feed por su denominación en inglés) siendo mayor en los lechones de las dietas altas en almidón (4,2 vs. 3,4 kg/camada para las dietas alta en almidón y alta en grasa,  $p < 0,05$ ). En el experimento donde las dietas eran suministradas en gestación y lactación no se observó esta diferencia (3,7 vs. 3,6 kg/camada para las dietas alta en almidón y alta en grasa,  $p > 0,05$ ). Probablemente estas diferencias en el patrón de consumo de creep feed fueron las que pudieran enmascarar si existió alguna diferencia en la ganancia media diaria de los lechones de ambos grupos experimentales. Renaudeau et al., (Renaudeau et al., 2001) indicaron que puede haber una sinergia entre las proteínas suministradas por el creep feed y las grasas de la leche incluso si el contenido en grasa de la leche es menor en las cerdas alimentadas con dietas bajas en grasas.

Park et al. (2010) trataron de ver si la elección de trigo o maíz como cereales o de grasa animal o aceite de soja con dietas isocalóricas (en cuanto a energía metabolizable) e isonitrogenadas (en cuanto a niveles totales de lisina y metionina más cisteína), tenían alguna influencia en los resultados productivos de las cerdas y a pesar de que el número de cerdas que usaron era bajo (24 cerdas, 4 tratamientos y 6 réplicas por tratamiento) encontraron diferencias significativas. Las cerdas de las dietas de maíz, independientemente del tipo de grasa usado, perdieron menos peso y grasa corporal que las dietas de trigo discutiendo los autores que este hecho pudiera ser debido a una mayor digestibilidad de las dietas de maíz frente a las de trigo. Ingestas inferiores en dietas de trigo pueden dar lugar a la falta de nutrientes necesarios para la producción de leche y consecuentemente la cerda debe movilizar mayores reservas corporales (Noblet and Etienne 1998).

En cuanto al resto de parámetros analizados en el anterior experimento relativos a la productividad láctea, peso de los lechones a destete y ganancia media diaria de los lechones, los autores no encontraron ninguna diferencia significativa debido al uso de un tipo u otro de grasa debido, según los autores, a que las cantidades de grasa en ambas dietas fueron iguales (5%). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Babinszky (1992)

que no encontraron diferencias cuando añadieron bien aceite de girasol o grasa animal a las dietas de cerdas lactantes (5%).

Rosero et al. (2012) estudiaron el efecto de la inclusión de diferentes grasas (una mezcla de aceites vegetales de freiduría y grasas animales frente a una grasa animal de matadero) y diferentes niveles de incorporación (0% para la dieta control y 2, 4 y 6% de incorporación de cada una de las dos grasas) sobre la productividad de las cerdas durante la lactación en un ambiente de temperaturas moderadamente altas (media de  $27\pm 3^{\circ}\text{C}$  con un máximo de  $29\pm 2,3^{\circ}\text{C}$ ). Las dietas estaban basadas en maíz, DDGS y salvado de trigo y soja.

La ingesta de pienso no estuvo afectada por la incorporación de grasa animal (4,20 vs. 4,33 kg/d para la dieta control y la dieta con grasa animal respectivamente,  $p>0,05$ ). Solamente se observó una tendencia de incremento lineal en el consumo cuando la dieta de grasa mezcla se incrementaba en la dieta (4,36; 4,50 y 4,46 kg/d para la incorporación de 2, 4 y 6% de grasa mezcla respectivamente,  $p=0,072$ ) de acuerdo con el experimento anterior de los mismos autores (Rosero et al., 2011).

El consumo medio diario de energía metabolizable fue mayor para las dietas con grasas que para las dietas sin grasa (15,23 vs. 13,70 Mcal de EM/d para las dietas con grasa vs. las dietas sin grasa,  $p<0,01$ ) y este incremento fue lineal ( $p<0,01$ ) cuando los niveles de ambas grasas se incrementaban, observándose una interacción con el ciclo de parto en el trabajo anterior de los mismos autores (Rosero et al., 2011) donde encontraron que las cerdas de primer parto consumían menos pienso y menos energía que el resto (3,95; 4,48 y 4,34 kg/d de pienso para las cerdas de primer, segundo y tercer parto respectivamente,  $p<0,05$  para el contraste entre las cerdas de primer parto frente al resto de partos).

Todas las cerdas perdieron peso durante la lactación excepto el grupo alimentado con grasa animal al 6%, que ganaron peso, pero no hubo diferencias en cuanto a la pérdida de grasa dorsal aunque sí una tendencia a perder menos peso cuando las cerdas eran alimentadas con la dieta de grasa animal frente a la dieta mezcla de grasas ( $p=0,054$ ) o con la dieta control (-0,02; -0,19 y -0,27 kg/d de pérdida de peso para las dieta con grasa animal, mezcla de grasas y dieta control respectivamente,  $p=0,060$ ).

La adición de grasa animal (pero no la de la grasa mezcla) tuvo un efecto lineal sobre el número de lechones destetados durante la lactación observándose un menor número de lechones destetados en las dietas con mayor cantidad de grasa añadida (11,14; 10,72 y 10,64 lechones destetados por camada para las dietas con grasa animal al 2, 4 y 6% respectivamente,  $p<0,05$ ; siendo 10,83 lechones por camada la dieta sin adición de grasa). Este efecto fue encontrado anteriormente por los mismos autores (Rosero et al., 2011) pero sólomente en las cerdas de primer parto y no en el resto (7,27; 11,77; 10,29 y 14,95 % de mortalidad de lechones durante la lactación en camadas de primer parto para la adición de la mezcla de grasas al 0, 2, 4 y 6% respectivamente,  $p<0,05$ ).

No se encontraron diferencias en el peso al destete ni en la ganancia media diaria de los lechones al destete a diferencia de los resultados encontrados por Lauridsen et al.,

mencionados anteriormente. Así mismo Rosero et al., (Rosero et al., 2011) encontraron un mayor peso al destete y una mayor ganancia media diaria al incrementar el nivel de grasa mezcla (efecto lineal, con dietas con grasa mezcla añadidas al 0, 2, 4 y 6%) pero sólo en las cerdas de 3 o más partos.

Se calculó en este estudio la eficiencia de la dieta definiendo los autores un índice de conversión de la ganancia de peso de la cerda más el de su camada con respecto a la ingesta de pienso. Las cerdas del grupo de grasa animal tendieron a mejorar esta eficiencia con un efecto lineal al incremento de grasa en la dieta (0,43; 0,52; 0,44 y 0,54 kg de ganancia sobre consumo para las dietas 0, 2, 4, y 6% de grasa animal añadida). La adición de grasa mezcla no tuvo efecto frente al grupo control (0,45; 0,41 y 0,47 para las dietas 2, 4 y 6% de grasa mezcla). En general las dietas con grasa animal tuvieron mejor conversión que las dietas con grasa mezcla (0,50 vs. 0,44 respectivamente,  $p < 0,05$ ). Además se calculó el índice de conversión entre la ganancia de peso de la cerda y su camada con respecto a la ingesta de energía metabolizable siendo también mayor la eficiencia en este caso de las cerdas de la dieta con grasa animal (0,146 vs. 0,129 kg de ganancia/Mcal EM;  $p < 0,05$ ) pero de forma no significativa (0,131 kg de ganancia/Mcal EM) sobre la dieta control.

La diferencia en la estabilidad frente a la oxidación de las grasas puede contribuir a los efectos encontrados en este estudio sobre la eficiencia medida en términos de conversión. Los productos resultantes de la oxidación de la grasa tienen impacto sobre la salud intestinal teniendo consecuencias sobre el daño intestinal, la inflamación y por consiguiente una reducida absorción (Aw et al., 1992; Williams and Gray 1992; Libby 2006; DeRouchey et al., 2004). El valor de la anisidina que refleja los productos secundarios de la oxidación como los aldehídos fueron mayores en este estudio para la grasa mezcla que para la grasa animal, dado su origen y podría ser la causa por la que los autores encontraron las diferencias en los resultados sobre la eficiencia de las dietas.

### *Glicerina*

La glicerina es un subproducto de la fabricación del biodiesel (de Blas et al., 2003). Schieck et al., en 2010 (Schieck et al., 2010) realizaron una investigación con niveles crecientes de glicerina (0, 3, 6 y 9%) en la dieta de cerdas lactantes (las dietas no eran ni isoenergéticas ni isoproteicas). Los autores encontraron que la adición de glicerina incrementaba en forma de tendencia los sólidos totales (17,84%, 18,43%, 18,98% y 18,48% respectivamente,  $p = 0,07$ ), la grasa de la leche (4,78%, 4,91%, 5,50% y 5,24% respectivamente,  $p = 0,09$ ) y de forma significativa la lactosa (5,16%, 5,30%, 5,43% y 5,46% respectivamente,  $p < 0,05$ ).

Sin embargo el peso de los lechones al destete o su ganancia media diaria no se vio afectada por los tratamientos de forma significativa aunque los lechones de cerdas alimentadas con 6% de glicerina, tendieron a crecer menos. Este efecto es discutido por los autores argumentando que pudiera ser debido a que el tratamiento con 6% de glicerina tenía también una menor ingesta diaria de pienso por parte de las cerdas (6,04; 6,21; 5,69 y 6,00 kg/cerda/día para las dietas de 0, 3, 6 y 9% de glicerina, respectivamente;  $p < 0,05$ ).

El resultado de este experimento demuestra según los autores que la glicerina dietética es usada para la síntesis de lactosa. Debería esperarse por lo tanto un incremento del peso de los lechones pero los autores encontraron una tendencia a disminuir el aumento de peso conforme la adición de glicerol aumentaba ( $p=0,07$ ).

#### *Materias que aportan ácidos grasos poliinsaturados*

La harina de lino o linaza extrusionada se incorpora a las dietas de cerdos para mejorar la proporción entre los ácidos grasos poli-insaturados (PUFA, por sus siglas en inglés)  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 en la carne, principalmente en Canadá y Francia (de Blas et al., 2003; Quiniou et al., 2010) dada su riqueza en ácido alfa linolénico (C18:3n-3, ALA) precursor de los ácidos grasos poli-insaturados de cadena larga eicosapentaenoico (C20:5n-3, EPA) y docosahexaenoico (C22:6n-3, DHA). Además del impacto que el consumo de ácidos grasos poli-insaturados tiene sobre la salud del consumidor (es deseable un consumo de la proporción  $\omega$ -6/ $\omega$ -3 por debajo de 5) los PUFA  $\omega$ -3 tienen un papel importante en numerosas funciones fisiológicas como el desarrollo del sistema nervioso, la fluidez de las membranas celulares y la respuesta inmunitaria (a través de la ruta de la cicloxigenasa y lipoxigenasa (Yao et al., 2012) e indirectamente sobre la síntesis de prostaglandinas (Papadopoulos et al., 2009; Yao et al., 2012). Así mismo la viabilidad de los lechones y su crecimiento durante la lactación puede verse afectado por la posible deficiencia o desequilibrio en PUFA  $\omega$ -3 debido a las dietas basadas en cereales (Yao et al., 2012).

Sin embargo y sobre todo en Francia, se utiliza esta materia prima con el objetivo de mejorar las producciones tanto de las cerdas lactantes como de sus lechones. Quiniou et al. (2010) realizaron una experiencia alimentando cerdas desde los 35 días de gestación y durante toda la lactación con una dieta que contenía bien 3,5% de linaza extrusionada o bien aceite de palma (1,4% en la dieta) que tenía un alta proporción de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA, por sus siglas en inglés). Las dietas eran isocalóricas e isoproteicas. Los resultados no mostraron ninguna diferencia en la productividad de los lechones alimentados con aceite de linaza comparados bien con la dieta control (basada en almidones, sin aporte de grasa) o con la dieta con el aceite de palma. El único efecto observado en el experimento fue una disminución en el intervalo entre lechones nacidos, haciendo que el parto fuera más rápido en las cerdas que consumían linaza que en el resto.

Tanghe et al. (2013) realizaron un experimento donde evaluaron el aceite de *Echium plantagineum* (comúnmente conocida como buglosa o flor morada) como fuente de ALA y de ácido estearidónico (SDA, C18:4n-3) comparándolo con aceite de lino y con aceite de pescado y usando como control una dieta con aceite de palma. Todas las dietas fueron isoenergéticas e isoproteicas. Los lechones alimentados con la dieta de aceite de pescado tuvieron una menor ganancia diaria durante la lactación que los alimentados con aceite de echium o de lino pero no diferente del grupo control alimentado con aceite de palma ( $214\pm 5$ ;  $240\pm 5$ ;  $234\pm 5$  y  $226\pm 4$  g/d para los tratamientos a base de aceite de pescado, aceite de echium, aceite de lino y aceite de palma, respectivamente  $p=0,017$ ). Así mismo el peso al destete fue menor para el grupo de aceite de pescado que para los de aceite de echium y sin diferencias con los de palma y lino ( $7,64\pm 0,14$ ;  $8,30\pm 0,15$ ;  $7,89\pm 0,13$  y  $8,00\pm 0,15$  kg/lechón para los tratamientos a base de aceite de pescado, aceite

de echium, aceite de lino y aceite de palma, respectivamente,  $p=0,006$ ). Pero cuando los investigadores incluían en el modelo estadístico el peso al nacimiento y el número de lechones nacidos vivos como covariables, no encontraron diferencias en ninguna de las dos variables anteriores.

La composición de los ácidos grasos en el calostro reflejó las composiciones en ácidos grasos de las dietas. La mayor concentración de ALA se vio en las dietas con aceite de lino y la mayor de SDA cuando se incluía aceite de echium. No obstante las concentraciones de EPA y DHA en el calostro no fueron diferentes entre los grupos de aceite de lino y de echium pero ambos fueron inferiores al grupo de aceite de pescado. Tampoco hubo diferencia para DHA con el grupo de aceite de palma. Cuando se aportan dietas con EPA y DHA se observan incrementos en el calostro de ambos ácidos grasos confirmándose una transferencia neta placentar. Los lechones recién nacidos del grupo alimentado con aceite de lino tuvieron mayor cantidad de ácidos grasos no esterificados en su sangre que los alimentados con aceite de palma o de echium y aunque la razón no está clara, parece ser que los lechones del grupo de aceite de lino tuvieron una mayor vitalidad al nacimiento y tomaron más rápido y más cantidad de calostro, circunstancia que explicaría también la mayor concentración de vitamina E encontrada en la sangre de estos lechones.

Las dietas para cerdas lactantes con aceite de pescado o no modifican el peso a destete de los lechones o lo disminuyen (Rooke et al., 2000; Tanghe et al., 2013;) pudiendo estar relacionado este efecto con la baja concentración de ácido araquidónico (C20:4n-6) encontrado en el plasma de lechones y su negativa influencia en el crecimiento (Carlson et al., 1993) aunque el nivel de ácido araquidónico se mantuviera constante en todas las dietas. No obstante, el ácido araquidónico que se encuentra principalmente en aceites vegetales, tiene particular importancia debido a que es un importante regulador de la homeostasis intestinal y su reparación, así como por su influencia en problemas gastrointestinales que son una causa importante de morbilidad y mortalidad en lechones (Jacobi et al., 2011; De Quelen et al., 2011).

En un trabajo reciente, Smit et al. (2013) observaron una tendencia a mejorar el crecimiento de los lechones durante la fase post-destete cuando procedían de cerdas primíparas alimentadas durante la lactación con un suplemento de aceite de pescado rico en EPA y DHA. Sin embargo, el tratamiento con suplemento mostró una mayor mortalidad pre-destete y no mejoró el estado catabólico de la cerda durante la lactación o los resultados reproductivos en el ciclo productivo siguiente.

Yao et al. (2012) estudiaron los efectos de diferentes proporciones de  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 a partir de aceite de lino y aceite de maíz en diferentes proporciones, (3:1; 9:1 y 13:1 para la proporción de  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3) en las dietas de cerdas gestantes y lactantes y no encontraron diferencias en el peso a destete de los lechones ni en su ganancia diaria aunque esta última tendió a ser mayor para la dieta 9:1. Tampoco encontraron diferencias en el contenido de ácidos grasos saturados, MUFA y  $\omega$ -6 PUFA del calostro. En cuanto a la leche, encontraron diferencias de la dieta en cuanto a la cantidad de MUFA en las dietas 3:1 y 9:1. El contenido de ácido alfa linolénico y de EPA en el dieta 3:1 fue mayor que en las otras

dos dietas. No se encontraron diferencias en cuanto a las cantidades de IgM e IgA en el calostro pero la cantidad de IgG en el calostro fue menor en la dieta 3:1 (27,02; 41,14 y 36,30 mg/ml para las dietas 3:1; 9:1 y 13:1 respectivamente,  $p < 0,01$ ). En la leche hubo también una menor cantidad de IgG en la dieta 3:1 (0,95; 1,34 y 1,22 mg/ml para las dietas 3:1; 9:1 y 13:1 respectivamente,  $p = 0,05$ ) pero en el plasma de los lechones a 21 días de vida, las cantidades de IgM, IgG e IgA difirieron dependiendo de los tratamientos: las dietas 3:1 y 9:1 tuvieron más IgM, IgG e IgA que la dieta 13:1 (cuadro 7).

**Cuadro 7.- Efectos de dietas con diferentes ratios de  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 en las dietas de cerdas sobre las concentraciones de IgM, IgG e IgA en el plasma de lechones a 21 día de vida (modificada de Yao et al., 2012)**

	Proporción de $\omega$ -6 y $\omega$ -3 en la dieta			SEM	Valor p
	Dieta 3:1	Dieta 9:1	Dieta 13:1		
IgM, mg/ml	1,20 <sup>ab</sup>	1,22 <sup>a</sup>	1,06 <sup>b</sup>	0,05	0,07
IgG, mg/ml	6,78 <sup>a</sup>	6,85 <sup>a</sup>	5,68 <sup>a</sup>	0,23	0,01
IgA, mg/ml	0,21 <sup>a</sup>	0,18 <sup>ab</sup>	0,17 <sup>b</sup>	0,01	0,05

En una misma fila, los tratamientos con diferentes letras son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

El factor de necrosis tumoral (TNF- $\alpha$  por sus siglas en inglés) en el plasma de lechones a 21 días de vida tendió a ser mayor en la dieta 3:1 (212,18; 153,64 y 178,73 ng/ml para 3:1, 9:1 y 13:1 respectivamente,  $p = 0,06$ ). Estos datos pueden ser la causa por la que en este estudio la mortalidad de los lechones de la dieta 3:1 tendió a ser la superior (9,30; 8,85 y 8,07 lechones/camada para 3:1, 9:1 y 13:1 respectivamente al día 28 de lactación,  $p = 0,11$ ).

Lauridsen et al. (2004) observaron que la variación de la proporción de  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 fue muy amplia cuando incorporaron seis tipos diferentes de grasas a una dieta de cerdas lactantes. La proporción más alta fue con la dieta a base de aceite de girasol y la más baja con aceite de pescado. La razón por la que diferentes proporciones de  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 afectan a las concentraciones de IgG, IgA e IgM son desconocidas pero una razón plausible podría ser que ambos grupos de ácidos grasos forman parte de la regulación y producción de interleukinas y de linfocinas. Una disminución en la producción de interleukina-1 y de TNF- $\alpha$  puede ser debida a una disminución de la proporción de ácido araquidónico (C20:4n-6) y EPA (C20:5n-3) en los fosfolípidos de la membrana de las células mononucleares. De todas formas, el cambio en la dieta de las proporciones de  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 inducen cambios en la composición y en la función inmunitaria de las membranas celulares.

### 3.5.- Levadura de cerveza, *Saccharomyces cerevisiae* y sus componentes

La levadura de cerveza es un subproducto deshidratado que procede de la industria cervecera. Las levaduras son aisladas por centrifugación y secadas por el método spray. La

alta digestibilidad de su proteína y un adecuado perfil de aminoácidos hacen que sea una buena fuente de proteína para animales jóvenes. Debido a la presencia de manano-oligosacáridos y beta-glucanos localizados en la pared celular se le atribuye un efecto probiótico (de Blas et al., 2003).

Una buena definición de los productos provenientes de la industria de la fermentación de levaduras es la que realiza Shen et al. (2011) proveniente de la Association of American Feed Control Officials donde definen que las levaduras activas secas son levaduras vivas fermentables con al menos  $15 \times 10^9$  levaduras/g y las consideran un probiótico. Las levaduras no fermentables, incluyendo las levaduras secas, irradiadas, levaduras procedentes de la cervecería y la tórula son consideradas fuentes de proteína. No obstante, los cultivos de levaduras con su medio de cultivo que preservan su actividad fermentativa así como sus metabolitos de fermentación son considerados prebióticos.

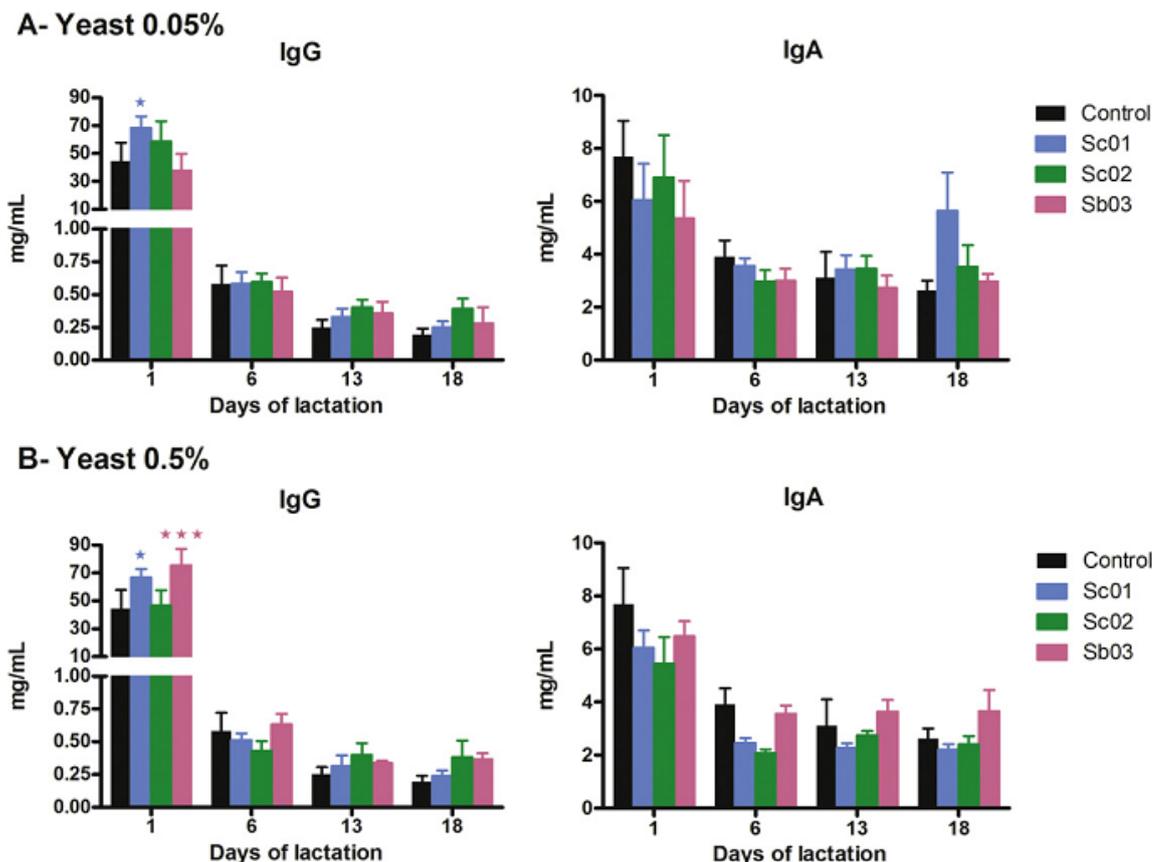
Dado que la placenta de las cerdas es de tipo epiteliocorial siendo ésta impermeable a las inmunoglobulinas (Ig), los lechones al nacimiento son agammaglobulinélicos (Kim, 1975) dependiendo su supervivencia de la adquisición de inmunidad vía calostro. La administración de productos en cuya composición se encuentren productos de fermentación de *Saccharomyces cerevisiae* a las cerdas al final de la gestación y durante la lactación incrementa el contenido en gammaglobulinas en la leche. Si estos productos contienen manano-oligosacáridos se incrementa entonces el contenido de IgG en el calostro (Jurgens et al., 1997; O'Quinn et al., 2001; Czech et al., 2010). La estimulación de la inmunidad materna puede estar asociada con una mejor protección sistémica (IgG) y local (IgA) de los lechones recién nacidos debido a una estimulación local del intestino de las cerdas (Zanello et al., 2013).

Zanello et al. (2013), realizaron un estudio donde administraron 3 variedades de *S. cerevisiae* (Sc01: *S. cerevisiae* cepa CNCM I-4407; Sc02: *S. cerevisiae* cepa LC 10-05 y Sb03: *S. cerevisiae* var. *bouardii* cepa CNCM I-3799) a cerdas al final de la gestación y durante toda la lactación con diferentes dosificaciones para comprobar estos datos. Los autores encontraron una tendencia a que se incrementase el peso de la camada al destete (62,2; 68,9 y 62,0 kg por camada para la inclusión de 0, 0,05% y 0,5% de las cepas de *S. cerevisiae*, respectivamente,  $p < 0,01$ ) debido al efecto dosis pero no al efecto cepa (64,9; 62,2 y 69,3 kg por camada respectivamente,  $p > 0,05$ ). En cuanto a los niveles de IgG en el calostro e IgA en la leche, los autores concluyen que en comparación con el grupo control solamente la cepa Sc01 a la dosis de 0,05% permitió un incremento de IgG en el calostro y un mantenimiento de IgA en la leche (figuras 3 y 4).

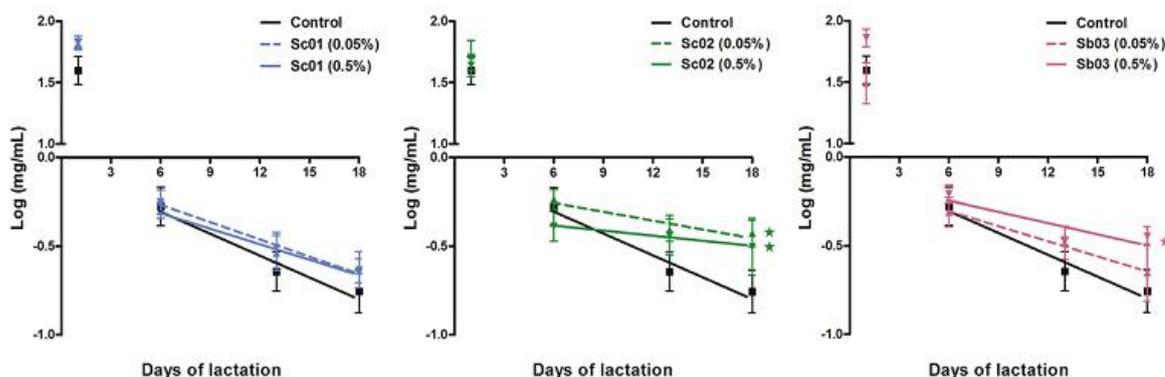
La cinética de los niveles de IgG en la leche entre los días 6 y 18 de lactación se describe en la figura 4 observándose diferencias en la evolución de la cepa Sc02 a ambas dosificaciones y en la Sb03 a la dosis de 0,5%. Las IgG calostrales son transferidas de la sangre a la glándula mamaria probablemente por el receptor FcRn (Schnulle and Hurley, 2003) cesando este proceso justo tras el parto resultando en un descenso de la concentración de IgG en el calostro cuando éste cambia a leche. En el calostro, el contenido en IgG proviene en su totalidad por filtración de la sangre indicando que la disminución de IgG en la sangre de la cerda durante el último mes de gestación que puede estar

correlacionado con una acumulación en la glándula mamaria y por lo tanto explicando el alto nivel de IgG en el calostro de los grupos que recibieron el *Saccharomyces*. Los niveles de IgG en leche decrecen según lo observado en este estudio y en concordancia con otros (Klobasa et al., 1987). Los niveles de IgG en leche decrecieron siendo éstos incorporados en un 30% de la filtración de los mismos desde la sangre y el resto por síntesis en la glándula mamaria.

**Figura 3.- Efectos de la adición de *S.cerevisiae* (3 cepas) en el pienso de las cerdas al final de la gestación y durante toda la lactación sobre los niveles de IgG en el calostro y de IgA en la leche (Zanello et al., 2013)**



**Figura 4.- Efecto de la incorporación de 3 cepas de *S. cerevisiae* a dos niveles de incorporación sobre la cinética de IgA en la leche de las cerdas (Zanello et al., 2013)**



**Cuadro 6.- Influencia de la fuente de grasa (8%) utilizada en la dieta de las cerdas sobre diferentes parámetros productivos y características de la leche de cerdas durante la lactación (modificado de Lauridsen y Danielsen 2004).**

	Control	Grasa animal	Aceite de colza	Aceite de pescado	Aceite de coco	Aceite de palma	Aceite de girasol	EE	Valor p
Ingestión de energía diaria, kcal/EN/cerda	11,83 <sup>a</sup>	13,24 <sup>d</sup>	12,76 <sup>cd</sup>	12,69 <sup>c</sup>	12,14 <sup>ab</sup>	12,62 <sup>bc</sup>	12,60 <sup>bc</sup>	0,82	<0,001
Ganancia de peso de la camada, kg	57,9 <sup>a</sup>	68,7 <sup>c</sup>	63,8 <sup>abc</sup>	59,3 <sup>ab</sup>	66,3 <sup>bc</sup>	66,4 <sup>bc</sup>	68,7 <sup>c</sup>	2,7	0,02
ω-6/ω-3	7,20 <sup>d</sup>	5,87 <sup>c</sup>	3,68 <sup>b</sup>	1,95 <sup>a</sup>	7,28 <sup>d</sup>	6,94 <sup>d</sup>	12,40 <sup>e</sup>	0,46	<0,05
Producción láctea media, kg/día	7,54	8,14	7,69	7,40	7,90	7,69	7,50	0,36	0,74
Energía en la leche, Kcal	7,22 <sup>a</sup>	9,51 <sup>b</sup>	9,13 <sup>b</sup>	7,22 <sup>a</sup>	8,94 <sup>ab</sup>	8,80 <sup>ab</sup>	7,72 <sup>a</sup>	2,78	0,05

En una misma fila, los tratamientos con diferentes letras son estadísticamente diferentes (p<0,05)

Los niveles de IgA en la leche decrecieron a lo largo de la lactación en este experimento en las cerdas no suplementadas manteniéndose los niveles de IgA a lo largo de la lactación en los grupos experimentales aunque hay que señalar que los autores sólo tenían 4 cerdas por grupo. En los cerdos casi la totalidad de la IgA en la leche se origina por síntesis local en la glándula mamaria (Bourne and Curtis, 1973). Los beta-glucanos de las paredes de las levaduras, con efectos inmunomoduladores (Nguyen et al., 1998; Kogan and Kocher, 2007) cuando se administran oralmente, pueden incrementar la inmunidad mucosal. Dada la conexión entero-mamaria, las células B secretoras de IgA migran de las placas de Peyer a la glándula mamaria donde maduran y producen inmunoglobulinas específicas contra los diferentes antígenos (Bourges et al., 2008; Zanello et al., 2009) además de tener una producción de citoquinas aumentada (Volman et al., 2008). Estos resultados sugieren que los suplementos a base de levaduras pueden incrementar la aparición de células precursoras de linfocitos B en el intestino y por lo tanto incrementar el nivel de IgA en la leche.

En el citado experimento solamente la incorporación de la cepa Sc01 al 0,05% incrementó los niveles de IgG en el calostro e hizo que se mantuvieran los niveles de IgA en la leche disminuyendo numéricamente la ocurrencia de diarreas. Los autores concluyen también en que ninguna de las 3 cepas experimentadas aumentó el peso de los lechones al destete. Todas las cepas incrementaron los niveles de inmunoglobulinas en el calostro y la leche pero sólo la cepa Sc01 fue capaz de incrementar los niveles de IgG en calostro y mantener los niveles de IgA en la leche y este efecto combinado puede dar una mayor y mejor protección inmunitaria a los lechones tanto sistémica como local (Zanello et al., 2013).

Shen et al. (2011), tampoco encontraron diferencias, aunque sí tendencias ( $p=0,068$ ) en el peso de los lechones al destete y en su ganancia media diaria ( $p=0,084$ ) cuando ensayaron una dieta con un producto proveniente de la fermentación de un cepa no modificada de *S. cerevisiae* en el que se incluyen los productos de la fermentación, levaduras residuales, fragmentos de la pared de las levaduras y el medio usado en la fermentación. Sin embargo los autores no encontraron diferencias en las concentraciones de IgG en los lechones al final de la lactación. Tampoco encontraron diferencias en la composición de la leche y del calostro especulando que las tendencias en el incremento de peso de los lechones en el destete pueden ser debidas a un incremento en la producción láctea. Una de las razones por las que los autores explican la tendencia del mayor peso de los lechones es la menor concentración de PUN (nitrógeno ureico plasmático) al final de la gestación en las cerdas alimentadas con el producto experimental lo que puede indicar una mayor eficiencia de la utilización de la proteína.

Jang et al. (2013) encontraron solamente una tendencia al incremento de la concentración de IgG en el calostro cuando las cerdas fueron alimentadas con *S. cerevisiae* Sc47. Ni el peso al destete ni la ganancia media diaria se vieron afectadas. Lipiński et al. (2012) no encontraron ningún efecto sobre el peso de los lechones al destete aunque sí encontraron una mejora de la productividad general en las cerdas tratadas. Y Kim et al. (2010) encontraron una tendencia en la mejora del peso a destete de los lechones ( $p=0,051$ ) con 491 cerdas cuando alimentaron a las cerdas con un cultivo de levaduras.

### 3.6.- Plasma

Los efectos productivos de la inclusión de plasma porcino spray-dried en dietas de cerdas lactantes parecen dependientes de su ciclo de parto. Por un lado, Crenshaw et al. (2007) encontraron en cerdas primíparas una mejora en el consumo de alimento y una reducción del intervalo destete-celo utilizando niveles del 0,25% de plasma, mientras que el mismo nivel de inclusión en cerdas múltiparas (>2 partos) redujo el consumo de pienso pero mejoró el peso de la camada al destete (5,28 vs. 5,57 kg/lechón al destete para las dietas sin plasma vs. con 0,5% de plasma,  $p < 0,01$ ). Por el contrario, Frugé et al. (2009) observaron que la inclusión de un 0,5% de plasma porcino en la dieta de cerdas lactantes incrementó el consumo de alimento en cerdas múltiparas (>4 partos) pero lo redujo en primíparas. Así mismo, las cerdas múltiparas cuya dieta incluía plasma porcino destetaron a un mayor número de lechones (menor mortalidad pre-destete 77,85 vs. 88,45 % de supervivencia durante la lactación para las cerdas múltiparas sin plasma en la dieta o con 0,5% de plasma en la dieta), y con un mayor peso (5,21 vs. 5,93 kg/lechón, para las cerdas múltiparas sin plasma en la dieta o con 0,5% de plasma en la dieta) pero dicha respuesta no se observó al incluir plasma en la dieta de primíparas.

## 4.- ADITIVOS Y PRODUCCIÓN LÁCTEA

### 4.1.- Glucosa y otros azúcares

Los diferentes azúcares pueden influenciar la producción láctea de las cerdas aportando energía para la misma. La glucosa es un precursor de la lactosa y de la síntesis de glicerol y provee otros metabolitos precursores a la glándula mamaria para la síntesis láctea durante la lactación de la cerda (Père et al., 2000) y para la síntesis de ácidos grasos (Boyd and Kensinger, 1998). Como la glucosa en sangre estimula la producción de insulina y la concentración de insulina durante la lactación está relacionada con las concentraciones de LH y FSH, algunos investigadores han realizado experiencias con el uso de hexosas como la dextrosa y la fructosa en las dietas de cerdas lactantes. Parece ser que la inclusión de las hexosas no incrementa el tamaño de camada pero ha incrementado en algunos casos el peso al nacimiento y su uniformidad (Campbell et al., 1990) en el siguiente ciclo e incluso ha disminuido el intervalo destete-celo (Park et al., 2010; Yang, et al., 2010). Sin embargo, estudios recientes han demostrado que el suplemento con hexosas es incapaz de mejorar la uniformidad de la camada en líneas hiperprolíficas (Wientjes et al., 2013).

Park et al. (2010) estudiaron el efecto de la adición de glucosa en dietas de cerdas lactantes para observar entre otros, los resultados sobre la producción láctea. Los autores usaron 4 dietas con niveles 0, 1, 3 y 5% de inclusión de glucosa en dietas isoenergéticas e isoproteicas. No encontraron ningún efecto sobre la producción láctea (medida indirectamente por el peso a destete de la camada) pero sí que obtuvieron diferencias en cuanto a la concentración de sólidos totales y de grasa en la leche como se muestra en el cuadro 8.

**Cuadro 8.- Efecto de la inclusión de diferentes niveles de glucosa en la dieta de cerdas lactantes sobre la composición química de la leche modificada de Park et al. (2010)**

Items	Glucosa, %				SEM	Valor de p	
	0	1	2	3		Lineal	Cuadrático
Sólidos totales	18,75 <sup>b</sup>	19,40 <sup>ab</sup>	20,15 <sup>a</sup>	19,55 <sup>ab</sup>	0,17	0,023	0,041
Proteína	5,17	5,67	5,93	5,76	0,15	0,135	0,258
Grasa	7,30 <sup>b</sup>	7,60 <sup>ab</sup>	7,87 <sup>a</sup>	7,63 <sup>ab</sup>	0,06	0,011	0,016
Lactosa	5,40	5,25	5,47	5,28	0,04	0,630	0,777
Sólidos no grasos	11,45	11,80	12,28	11,92	0,15	0,151	0,221

En una misma fila, los tratamientos con diferentes letras son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Reynolds et al. (1977) observaron que el contenido en sustancia seca y grasa de la leche se veía incrementado en cerdas a las que se inyectaba una infusión de glucosa por vía intravenosa. White et al. (1984) encontraron un incremento en la producción de leche en los días 14 y 21 en cerdas alimentadas con fructosa. Esto puede ser explicado por una mayor eficiencia energética en la síntesis de la leche debido al incremento de glucosa en el plasma como precursor de la producción láctea aunque las dietas eran isocalóricas (Park et al., 2010, Yang, et al., 2010). De hecho, la cantidad de nutrientes absorbidos en el intestino determina las concentraciones de metabolitos circulantes. Por ello las cerdas a las que se suministra glucosa y otros azúcares en la dieta pueden tener mayores concentraciones en sangre de los metabolitos precursores que las que consumen dietas control. A pesar de ello, Coffey et al. (1987) encontraron un nivel similar de glucosa en sangre en las cerdas alimentadas con fructosa (23 %) que en las cerdas control mientras que la tasa de metabolización de la glucosa era más elevada en las dietas con fructosa. Esta mayor metabolización de glucosa (como precursor de lactosa) por parte del tejido mamario durante la lactación puede estar relacionada con la mayor producción láctea.

Campbell et al. (1990) observaron que cerdas alimentadas con 20% de glucosa o de fructosa tenían la misma productividad en términos de productividad en lechones. Estos mismos autores así como van den Brand et al. (2001) encontraron en todos los casos una disminución del intervalo destete-celo.

#### 4.2.- Betaína

La betaína es un extracto natural procedente de la remolacha usado en alimentación animal que puede incrementar los resultados productivos (de Blas et al., 2003). La betaína actúa como una sustancia osmóticamente activa reteniendo agua en las células ayudando a las mismas en la bomba iónica usando menos energía para mantener el equilibrio electrolítico. Actúa además a nivel hepático como donante de grupos metilo. Sus efectos en la dieta pueden ser más destacados si se produce un episodio de reducción del consumo. Ramis et al. (2011) realizaron un experiencia introduciendo 2 kg por tonelada de betaína a

una dieta compuesta por cereales (trigo, maíz y cebada) y soja. Los investigadores observaron un incremento en el peso de la camada del grupo de cerdas alimentadas con betaína (51,26 vs. 57,35 kg/camada para los grupos no betaína y betaína respectivamente,  $p=0,05$ ) a pesar de que la ingesta media diaria de las cerdas era menor en el grupo betaína siendo la pérdida de grasa dorsal al destete menor en el grupo betaína. La composición de la leche y del calostro fueron iguales en ambos grupos con lo que los investigadores concluyen que el aumento de peso de los lechones fue debido a que la producción láctea de las cerdas que consumieron betaína fue mayor. El contenido de betaína en la leche fue mayor en el grupo betaína (0,198 vs. 0,298 g/kg para los grupos no betaína y betaína respectivamente,  $p=0,03$ ). Como la betaína que puede disminuir las necesidades energéticas de mantenimiento actuando como un osmolito orgánico (Schrama et al., 2003) y puede alterar la retención de agua en las células musculares, este aumento de peso de los lechones puede ser debido a la incorporación de la betaína (Esteve-Garcia and Mack, 2000; Eklund et al., 2005; Eklund et al., 2006).

#### 4.3.- L-carnitina

La adición de L-carnitina en la dieta de cerdas lactantes ha mostrado resultados positivos sobre el crecimiento de la camada durante la lactación (Musser et al., 1999; Ramanau et al., 2004; Birkenfeld et al., 2006). Esta amina cuaternaria sintetizada en el hígado desempeña un papel importante en el metabolismo energético celular como transportador de ácidos grasos a través de la membrana mitocondrial, facilitando la  $\beta$ -oxidación y potenciando la producción de energía por la célula. Ramanau et al. (2004) evaluaron la adición de L-carnitina durante dos ciclos productivos completos (125 mg/d en gestación y 250 mg/d en lactación) y observaron que las cerdas que consumían L-carnitina tenían camadas más numerosas y de mayor peso. A pesar del menor peso individual al nacimiento de los lechones cuyas madres consumían L-carnitina, éstos mostraron mayores crecimientos durante la lactación, asociados a la mayor producción de leche de las cerdas en los días 11 y 18 de lactación. La concentración de L-carnitina en la leche fue superior en aquellas cerdas que consumían L-carnitina como aditivo, pero la concentración de grasa, proteína y lactosa fue similar en ambos grupos de cerdas (cuadro 9; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

En un estudio posterior del mismo grupo de investigación (Birkenfeld et al., 2006), se observó que la suplementación con L-carnitina en gestación mejoró la concentración de proteína bruta del calostro, aunque la concentración de inmunoglobulinas del mismo (IgG, IgA, IgM) no se vio afectada. Los autores concluyeron que el mayor ritmo de crecimiento de los lechones debería atribuirse a la mayor ingestión de nutrientes derivados de la mayor producción de leche de las cerdas y no a modificaciones en la composición láctea.

**Cuadro 9.- Efecto de la L-carnitina en cerdas sobre el peso de los lechones al destete y las características de la leche durante dos ciclos de parto consecutivos (adaptado de Ramanau et al., 2004).**

Tratamiento	Primer ciclo		Segundo ciclo		Valor de p	
	Control	L-carnitina	Control	L-carnitina	Tratamiento	Tratamiento x Ciclo
Número de cerdas por tratamiento	13	13	10	13		
Lechones nacidos totales	10,2±0,8	12,9±0,7	10,8±0,9	13,5±0,9	<0,01	>0,05
Peso de los lechones al nacimiento, kg/lechón	1,54±0,06	1,39±0,06	1,70±0,07	1,53±0,07	<0,05	<0,01
Peso de los lechones al destete (25 días), kg	7,60±0,21	8,11±0,21	10,81±0,24	11,43±0,24	<0,05	<0,001
Producción láctea el día 11 de lactación, kg/d	4,64±0,43	5,53±0,43	7,74±0,50	9,17±0,50	<0,05	<0,001
Proteína en leche el día 11 de lactación, g/d	203±19	236±19	384±22	443±22	<0,05	<0,001

#### 4.4.- Aceites esenciales

Existen algunas referencias de la inclusión de aceites esenciales en dietas de cerdas lactantes. Por ejemplo, los aceites esenciales de orégano, que son aislados de las hojas y flores de la planta de *Origanum vulgare*, cuyos principios activos mayoritarios son los terpenos carvacrol y timol. Algunos estudios han demostrado que los lechones procedentes de cerdas suplementadas con aceite de orégano muestran una mayor resistencia a *E. coli* (Docic and Bilkei 2003). Ariza-Nieto et al. (2011) evaluaron los efectos productivos de la inclusión de 250 mg/kg de aceites esenciales de orégano durante la gestación y/o lactación en cerdas multíparas, observando que ese aditivo no modificó la proteína de la leche pero redujo la grasa de la misma en los días 7 y 14 de lactación. Además, la inclusión de aceite esencial de orégano durante la lactación provocó un incremento de linfocitos T en la leche de las cerdas en el día 14 de lactación. La ganancia media diaria de los lechones en los primeros 5 días de vida tendió a ser superior en las camadas cuyas cerdas habían sido suplementadas con aceite esencial de orégano durante la gestación, a pesar de que el suplemento no afectó a las concentraciones sanguíneas de inmunoglobulinas en los lechones después del amamantamiento. Tampoco la inclusión con aceites esenciales de orégano fue capaz de modificar los niveles de linfocitos T, el porcentaje de subpoblaciones de linfocitos T o la actividad de las células NK (*natural killers*) en los lechones, por lo que los autores concluyeron que dicho aditivo no presentaba capacidad para mejorar el potencial de crecimiento y/o la respuesta inmune de lechones lactantes.

#### 5.- CONCLUSIONES

A lo largo de esta revisión se han estudiado los efectos que diferentes materias primas y aditivos usados en la alimentación de la cerda lactante tienen sobre la producción láctea y por ende sobre la productividad del lechón al destete, midiéndose ésta como su peso al destete o como su ganancia media diaria.

Por los estudios evaluados podríamos concluir en que:

- Los cereales y sus subproductos no tienen influencia sobre la producción láctea si las dietas están equilibradas en todos los nutrientes.
- La harina de colza debe ser analizada antes de su inclusión en las dietas de cerdas para no sobrepasar los límites de ingesta diaria de glucosinolatos.
- Las grasas y aceites incrementan en general la grasa de la leche pero el peso de los lechones o su ganancia media diaria depende del nivel de ingesta de energía diaria de la cerda.
- La leche refleja el contenido en ácidos grasos de la dieta.
- Las proporciones ácidos grasos  $\omega$ -6 y  $\omega$ -3 pueden influenciar la respuesta inmunitaria adquirida de los lechones a través del calostro.
- Los productos que contienen *S. cerevisiae* o sus derivados en su composición, dependiendo de las cepas usadas, pueden modificar la respuesta inmunitaria

adquirida de los lechones a través del calostro.

- La betaína puede incrementar la retención de agua en las células musculares y por lo tanto incrementar el peso al destete de los lechones cuando la betaína se incorpora en la dieta de las cerdas.
- La incorporación de L-carnitina en las dietas de cerdas lactantes mejora el peso al destete de los lechones.

Por otra parte en muchas ocasiones se hace difícil la comparación entre materias primas o aditivos en cuanto a la producción láctea (y también en otras variables productivas) debido a la gran variabilidad de factores que juegan un papel metabólico en la biología de la producción láctea. Deben de estudiarse muy detenidamente las circunstancias en las que los diferentes autores realizan los experimentos ya que condiciones de partida similares pueden dar lugar a resultados diferentes (incluso estadísticamente significativos) y viceversa. Así mismo los tamaños muestrales utilizados y las condiciones en las que se realizan los ensayos deben de ser tenidas en cuenta para extraer conclusiones.

## 6.- REFERENCIAS

- ARIZA-NIETO, C., BANDRICK, M., BAIDOO, S.K., ANIL, L., MOLITOR, T.W. y HATHAWAY, M.R. (2011) *J. Anim. Sci.* 89: 1079-1089.
- AULDIST, D.E. y KING, R.H. (1995) *Manipulating Pig Production V*: 114-118.
- AULDIST, D.E., MORRISH, L., EASON, P. y KING, R.H. (1998) *Anim. Sci.* 67: 333-337.
- AW, T.Y., WILLIAMS, M.W. y GRAY, L. (1992) *American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology* 262 (1 25-1): G99-G106.
- BEYER, M., JENTSCH, W., HOFFMANN, L., SCHIEMANN, R. y KLEIN, M. (1994) *Archiv Fur Tierernahrung* 46: 7-36.
- BIRKENFELD, C., DOBERENZ, J., KLUGE, H. y EDER, K. (2006) *Anim. Feed Sci. Technol.* 129: 23-38.
- BLACK, J.L., MULLAN, B.P., LORSCHY, M.L. y GILES, L.R. (1993) *Liv. Prod. Sci.* 35: 153-170.
- BOURGES, D., MEURENS, F., BERRI, M., CHEVALEYRE, C., ZANELLO, G., LEVAST, B., MELO, S., GERDTS, V. y SALMON, H. (2008) *Molecular Immunology* 45: 3354-3362.
- BOURNE, F.J. y CURTIS, J. (1973) *Immunology* 24: 157-162.
- BOYD, R.D. y KENSINGER, R.S. (1998) *The Lactating Sow*: 71-95.
- BRAND, H. VAN DEN, LANGENDIJK, P., SOEDE, N.M. y KEMP, B. (2001) *J. Anim. Sci.* 79: 420-426.
- CAMPBELL, W.J., BRENDEMUHL, J.H. y BAZER, F.W. (1990) *J. Anim. Sci.* 68: 1378-1388.
- CARLSON, S.E., WERKMAN, S.H., PEEPLES, J.M., COOKE, R.J. y TOLLEY, E.A. (1993) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 90: 1073-1077.
- CARTER, S., LANDBLOM, D., HARROLD, R., MILLER, K. y ZIMPRICH, R. (1999)

- Effects of Differing Energy Sources on Performance of Lactating Sows.pdf*.  
<http://www.ag.ndsu.edu/archive/dickinso/research/1998/swine98a.htm>.
- COFFEY, M.T., SEERLEY, R.W. y MABRY, J.W. (1982) *J. Anim. Sci.* 55: 1388-1394.
- COFFEY, M.T., YATES, J.A. y COMBS, G.E. (1987) *J. Anim. Sci.* 65: 1249-1256.
- CRANWELL, P.D. y MOUGHAN, P.J. (1989) *Manipulating Pig Production II*: 140-159.
- CRENSHAW, J.D., BOYD, R.D., CAMPBELL, J.M., RUSSELL, L.E., MOSER, R.L. y WILSON, M.E. (2007) *J. Anim. Sci.* 85: 3442-3453.
- CRONIN, G.M., LEESON, E., CRONIN, J.G. y BARNETT, J.L. (2001) *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 14: 1019-1023.
- CZECH, A., GRELA, E.R., MOKRZYCKA, A. y PEJSAK, Z. (2010) *Polish Journal of Veterinary Sciences* 13: 525-531.
- DE BLAS, C., MATEOS, G.G. y GARCÍA REBOLLAR, P. (2003) *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.,
- DE QUELEN, F., CHEVALIER, J., ROLLI-DERKINDEREN, M., MOUROT, J., NEUNLIST, M. y BOUDRY, G. (2011) *Journal of Physiology* 589: 4341-4352.
- DEROUCHEY, J.M., HANCOCK, J.D., HINES, R.H., MALONEY, C.A., LEE, D.J., CAO, H., DEAN, D.W. y PARK, J.S. (2004) *J. Anim. Sci.* 82: 2937-2944.
- DOCIC, M. y BILKEI, G. (2003) *Journal of Veterinary Medicine. B, Infectious Diseases and Veterinary Public Health* 50: 27-30.
- EKLUND, M., BAUER, E., WAMATU, J. y MOSENTHIN, R. (2005) *Nutr. Res. Rev.* 18: 31-48.
- EKLUND, M., MOSENTHIN, R., TAJAJ, M. y WAMATU, J. (2006) *Archives of Animal Nutrition* 60: 289-300.
- ESTEVE-GARCIA, E. y MACK, S. (2000) *Anim. Feed Sci. Technol.* 87: 85-93.
- ETIENNE, M., DOURMAD, J.Y. y NOBLET, J. (1991) *La Reconstitution Des Reserves Corporelles Chez La Truie Multipare En Gestation*. In , 75-84. France.
- FARMER, C., FISETTE, K., ROBERT, S., QUESNEL, H. y LAFOREST, J.P. (2004) *Can. J. Anim. Sci.* 84: 581-587.
- FARMER, C. (2013) *Can. J. Anim. Sci.* 93: 1-7.
- FISETTE, K., LAFOREST, J.P., ROBERT, S. y FARMER, C. (2004) *Can. J. Anim. Sci.* 84: 573-579.
- FRASER, D., THOMPSON, B.K. y RUSHEN, J. (1992) *Anim. Prod.* 55: 419-424.
- FRUGÉ, E.D., ROUX, M.L., LIRETTE, R.D., BIDNER, T.D., SOUTHERN, L.L. y CRENSHAW, J.D. (2009) *J. Anim. Sci.* 87: 960-964.
- GREINER, L.L., WANG, X., ALLEE, G. y CONNOR, J. (2008) *J. Anim. Sci.* 86.
- HANSEN, A.V., STRATHE, A.B., KEBREAB, E., FRANCE, J. y THEIL, P.K. (2012) *Journal of Animal Science* 90: 2285-2298.
- HARRELL, R.J., THOMAS, M.J. y BOYD, R.D. (1993) En: *1993 Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*: 156-164.
- HEAD, R.H. y WILLIAMS, I.H. (1991) *Potencial Milk Production in Gilt*. In , 134. D.P. Hennessy & P.D. Cranwell.
- HEMSWORTH, P.H., WINFIELD, C.G. y MULLANEY, P.D. (1976) *Anim. Sci.* 22: 351-357.
- Hill, G.M., Link, J.E., Rincker, M.J., Kirkpatrick, D.L., Gibson, M.L. y Karges, K. (2008) *J. Anim. Sci.* 86: 112-118.

- INGLEDEW, W.M. (1999) *Yeast—could You Base Business on This Bug?* In , 27-47. Nottingham: Nottingham University Press.
- JACOBI, S.K., X. LIN, CORL, B.A., HESS, H.A., HARRELL, R.J. y ODLE, J. (2011) *J. Nutr.* 141: 548-553.
- JANG, Y.D., KANG, K.W., PIAO, L.G., JEONG, T.S., AUCLAIR, E., JONVEL, S., D'INCA, R. y KIM, Y.Y. (2013) *Livestock Science* 152: 167-173.
- JI, F., HURLEY, W.L. y KIM, S.W. (2006) *J. Anim. Sci.* 84: 579-587.
- JONES, G.M., EDWARDS, S.A., SINCLAIR, A.G., GEBBIE, F.E., ROOKE, J.A., JAGGER, S. y HOSTE, S. (2002) *Anim. Sci.* 75: 57-66.
- JURGENS, M.H., RIKABI, R.A. y ZIMMERMAN, D.R. (1997) *J. Anim. Sci.* 75: 593-597.
- KENSINGER, R.S., COLLIER, R.J., BAZER, F.W., DUCSAY, C.A. y BECKER, H.N. (1982) *J. Anim. Sci.* 54: 1297-1308.
- KIM, S.W., HURLEY, W.L., HAN, I.K., STEIN, H.H. y EASTER, R.A. (1999) *J. Anim. Sci.* 77: 3304-3315.
- KIM, S.W., HURLEY, W.L., HAN, I.K. y EASTER, R.A. (2000) *J. Anim. Sci.* 78: 1313-1318.
- KIM, S.W., EASTER, R.A. y HURLEY, W.L. (2001) *J. Anim. Sci.* 79 (10): 2659-2668.
- KIM, S.W., HURLEY, W.L., WU, G. y JI, F. (2009) *J. Anim. Sci.* 87: E123-E132.
- Kim, S.W., Brandherm, M., Newton, B., Cook, D.R., Yoon, I. y Fitzner, G. (2010) *Can. J. Anim. Sci.* 90: 229-232.
- KIM, S.W., WEAVER, A.C., SHEN, Y.B. y ZHAO, Y. (2013) *J. An. Sci. Biotechnol.* 4: 26.
- KIM, Y.B. (1975) *Birth Defects: Original Article Series* 11: 549-557.
- KING, R.H., TONER, M.S. y DOVE, H. (1989) *Manipulating Pig Production II*: 98.
- KING, R.H., MULLAN, B.P., DUNSHEA, F.R. y DOVE, H. (1997) *Liv. Prod. Sci.* 47: 169-174.
- KLOBASA, F., WERHAHN, E. y BUTLER, J.E. (1987) *J. Anim. Sci.* 64: 1458-1466.
- KOGAN, G., y KOCHER, A. (2007) *Livestock Science* 109: 161-165.
- LAURIDSEN, C. y DANIELSEN, V. (2004) *Liv. Prod. Sci.* 91: 95-105.
- LIBBY, P. (2006) *American Journal of Clinical Nutrition* 83: 456S-460S.
- LIPÍŃSKI, K., CHROSTOWSKI, G., MATUSEVIČIUS, P., SKÓRKO-SAJKO, H., STASIEWICZ, M., PURWIN, C. y PYSERA, B. (2012) *Veterinarija Ir Zootechnika* 59: 40-44.
- MABRY, J.W., CUNNINGHAM, F.L., KRAELING, R.R. y RAMPACEK, G.B. (1982) *J. Anim. Sci.* 54: 918-921.
- MABRY, J.W., COFFEY, M.T. y SEERLEY, R.W. (1983) *J. Anim. Sci.* 57: 292-295.
- MCGLONE, J.J., STANSBURY, W.F., TRIBBLE, L.F. y MORROW, J.L. (1988) *J. Anim. Sci.* 66: 1915-1919.
- MCNAMARA, J.P., y PETTIGREW, J.E. (2002) *J. Anim. Sci.* 80: 2442-2451.
- MUNS, R., MANZANILLA, E.G., SOL, C., MANTECA, X. y GASA, J. (2013) *J. Anim. Sci.* 91: 1838-1843.
- MUSSER, R.E., GOODBAND, R.D., TOKACH, M.D., OWEN, K.Q., NELSSSEN, J.L., BLUM, S. A., DRITZ, S.S. y CIVIS, C. A. (1999) *J. Anim. Sci.* 77: 3289-3295.
- NGO, T.T., QUINIQU, N. y HEUGEBAERT, S. (2012) *Journées de la Recherche Porcine*.
- NGUYEN, T.H., FLEET, G.H. y ROGERS, P.L. (1998) *Applied Microbiology and Biotechnology* 50: 206-212.
- NOBLET, J., y ETIENNE, M. (1998) En: *The Lactating Sow*, M.W. A. Verstegen, P.J.

- Moughan and J.W. Schrama, 113-130. Wageningen University Press.
- O'QUINN, P.R., FUNDERBURKE, D.W. y TIBBETTS, G.W. (2001) *J. Anim. Sci.* 79.
- PAPADOPOULOS, G.A., MAES, D.G.D., VAN WEYENBERG, S., VAN KEMPEN, T.A.T.G., BUYSE, J. y JANSSENS, G.P.J. (2009) *British Journal of Nutrition* 101: 348-357.
- PARFET, K.A., y GONYOU, H.W. (1991) *J. Anim. Sci.*: 125-133.
- PARK, M.S., SHINDE, P.L., YANG, Y.X., KIM, J.S., CHOI, J.Y., YUN, K., KIM, Y.W., LOHAKARE, J.D., YANG, B.K. y LEE, J.K. (2010) *Asian-Aust J Anim Sci* 23: 226-233.
- PARK, M.S., YANG, Y.X., SHINDE, P.L., CHOI, J.Y., JO, J.K., KIM, J.S. y LOHAKARE, J.D. (2010) *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94: 677-684.
- PÈRE, M.C., ETIENNE, M. y DOURMAD, J.Y. (2000) *J. Anim. Sci.* 78: 2933-2941.
- PETRIE, C.L., y GONYOU, H.W. (1988) *J. Anim. Sci.* 66: 661-668.
- PETTIGREW, J.E. (1981) *J. Anim. Sci.* 53: 107-117.
- PLUSKE, J.R., WILLIAMS, I.H., y AHERNE, F.X. (1995) En: *The Neonatal Pig: Development and Survival*, 187-235. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- PLUSKE, J.R., WILLIAMS, I.H., ZAK, L.J., CLOWES, E.J., CEGIELSKI, A.C. y AHERNE, F.X. (1998) *J. Anim. Sci.* 76: 1165-1171.
- PRUNIER, A., DOURMAD, J.Y. y ETIENNE, M. (1994) *J. Anim. Sci.* 72: 1461-1466.
- QUINIOU, N., RICHARD, S., MOUROT, J. y ETIENNE, M. (2008) *Animal* 2: 1633-1644.
- QUINIOU, N., GOUES, T., VAUTIER, A., NASSY, G., CHESNEAU, G., WEILL, P., ETIENNE, M. y MOUROT, J. (2010) *Consequence of Extruded Linseed Incorporation in Sows And/or Pigs' Diets on Performance*.
- QUINIOU, N., QUINSAC, A., CRÉPON, K., EVRARD, J., PEYRONNET, C., BOURDILLON, A., ROYER, E. y ETIENNE, M. (2012) *Can. J. Anim. Sci.* 92: 513-524.
- RABOT, S. (1991) *Interactions Avec Les Enzymes Hépatiques Du Métabolisme Des Xénobiotiques*: 32-38.
- RAMANAU, A., KLUGE, H., SPILKE, J. y EDER, K. (2004) *The Journal of Nutrition* 134: 86-92.
- RAMIS, G. (2011) *Journal of Swine Health and Production* 19: 226-232.
- RENAUDEAU, D., QUINIOU, N. y NOBLET, J. (2001) *J. Anim. Sci.* 79: 1240-1249.
- REYNOLDS, L. y ROOK, J.A. (1977) *The British Journal of Nutrition* 37: 45-53.
- ROOKE, J.A., SHANKS, M. y EDWARDS, S.A. (2000) *Anim. Sci.* 71: 289-299.
- ROSETO, D.S., VAN HEUGTEN, E., ODLE, J., CABRERA, R., ARELLANO, C. y BOYD, R.D. (2011) *J. Anim. Sci.* 90: 550-559.
- ROSETO, D.S., VAN HEUGTEN, E., ODLE, J., ARELLANO, C. y BOYD, R.D. (2012) *J. Anim. Sci.* 90: 2609-2619.
- SANTOMÁ, G., y PONTES, M. (2011) En: *XXVII Curso de Especialización FEDNA*, 169-225.
- SCHIECK, S.J., KERR, B.J., BAIDOO, S.K., SHURSON, G.C. y JOHNSTON, L.J. (2010) *J. Anim. Sci.* 88: 2648-2656.
- SCHNULLE, P.M., y HURLEY, W.L. (2003) *Veterinary Immunology and Immunopathology* 91: 227-231.
- SCHÖNE, F., LEITERER, M., TISCHENDORF, F. y BARGHOLZ, J. (1999) En: *Proc. 10th International Rapeseed Congress*.

- SCHRAMA, J.W., HEETKAMP, M.J.W., SIMMINS, P.H. y GERRITS, W.J.J. (2003) *J. Anim. Sci.* 81: 1202-1209.
- SHEN, Y.B., CARROLL, J.A., YOON, I., MATEO, R.D. y KIM, S.W. (2011) *J. Anim. Sci.* 89: 2462-2471.
- SIMITZIS, P.E., VEIS, D., DEMIRIS, N., CHARISMIADOU, M.A., AYOUTANTI, A. y DELIGEORGIS, S.G. (2013) *Applied Animal Behaviour Science* 144: 116-120.
- SMIT, M.N., PATTERSON, J.L., WEBEL, S.K., SPENCER, J.D., CAMERON, A.C., DYCK, M.K., DIXON, W.T. y FOXCROFT, G.R. (2013) *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* 7: 784-792.
- SONG, M., BAIDOO, S.K., SHURSON, G.C., WHITNEY, M.H., JOHNSTON, L.J. y GALLAHER, D.D. (2010) *J. Anim. Sci.* 88: 3313-3319.
- SØRENSEN, M.T., SEJRSEN, K. y PURUP, S. (2002) *Liv. Prod. Sci.* 75: 143-148.
- ŠPINKA, M., ILLMANN, G., ALGERS, B. y ŠTĚTKOVÁ, Z. (1997) *J. Anim. Sci.* 75: 1223-1228.
- STEIN, H.H., y SHURSON, G.C. (2009) *J. Anim. Sci.* 87: 1292-1303.
- STONE, C.W. (1998) *Yeast Products in the Feed Industry: A Practical Guide for Feed Professionals.*
- SULABO, R.C., JACELA, J.Y., TOKACH, M.D., DRITZ, S.S., GOODBAND, R.D., DEROUCHÉY, J.M. y NELSSSEN, J.L. (2010) *J. Anim. Sci.* 88: 3145-3153.
- TANGHE, S., MILLET, S. y DE SMET, S. (2013) *J. Anim. Sci.* 91: 3253-3264.
- THEIL, P.K., OSLASH, J., RGENSEN, H. y JAKOBSEN, K. (2004) *Liv. Prod. Sci.* 89: 265-276.
- THODBERG, K., y SØRENSEN, M.T. (2006) *Livestock Science* 101: 116-125.
- TILTON, S.L., MILLER, P.S., LEWIS, A.J., REESE, D.E. y ERMER, P.M. (1999a) *J. Anim. Sci.* 77: 2491-2500.
- TILTON, S.L., MILLER, P.S., LEWIS, A.J., REESE, D.E. y ERMER, P.M. (1999b) *J. Anim. Sci.* 77: 2491-2500.
- VERSTEGEN, M.W.A., MOUGHAN, P.J. y SCHRAMA, J.W. (1998) *The Lactating Sow.* Wageningen Pers.
- VICENTE, J.G., ISABEL, B., CORDERO, G. y LOPEZ-BOTE, C.J. (2013) *Anim. Feed Sci. Technol.* 181: 45-53.
- VOLMAN, J.J., RAMAKERS, J.D. y PLAT, J. (2008) *Physiology and Behavior* 94: 276-284.
- WALSH, M.C., GERAERT, P.A., MAILLARD, R., KLUSS, J. y LAWLOR, P.G. (2012) *Animal: An International Journal of Animal Bioscience* 6: 1627-1633.
- WHITE, C.E., HEAD, H.H., BACHMAN, K.C. y BAZER, F.W. (1984) *J. Anim. Sci.* 59: 141-150.
- WIJNTJES, J.G.M., SOEDE, N.M., LAURENSSEN, B.F.A., KOOPMANSCHAP, R.E., VAN DEN BRAND, H. y KEMP, B. (2013) *Animal* 7: 1307-1316.
- YAO, W., LI, J., WANG, J.J., ZHOU, W., WANG, Q., ZHU, R., WANG F. y THACKER, P. (2012) *Journal of Animal Science and Biotechnology* 3: 43.
- ZANELLO, G., MEURENS, F., BERRI, M. y SALMON, H. (2009) *Current Issues in Molecular Biology* 11: 47-58.
- ZANELLO, G., MEURENS, F., SERREAU, D., CHEVALEYRE, C., MELO, S., BERRI, M., D'INCA, R., AUCLAIR, E. y SALMON, H. (2013) *Veterinary Immunology and Immunopathology* 152: 20-27.

FEDONA