

**Ruurd T. Zijlstra** 

Department of Agricultural, Food and Nutritional Science, University of Alberta, Edmonton, AB, Canada

Trabajo presentado en el DSM Swine Tour Europe. Noviembre 2011.

#### Resumen

Se espera que la cantidad de subproductos en la dieta de cerdos siga aumentando, lo que dará lugar a unas dietas con un alto contenido de po-



Figura 1. Estructura de un grano de trigo.

lisacáridos no amiláceos (NSP) en relación a las dietas tradicionales basadas en cereales. Este tipo de dietas ofrecen nuevas oportunidades para la suplementación con enzimas NSP, para mejorar la digestibilidad de los nutrientes y aumentar la ingesta voluntaria de pienso, reduciendo así el riesgo que supone la alimentación con dietas altas en subproductos. La relación entre la suplementación enzimática y la digestibilidad de los nutrientes está aceptada; sin embargo, no se comprende bien la relación con otros mecanismos en relación a la fisiología digestiva, por ejemplo la población microbiana intestinal y las características físicas del contenido intestinal en beneficio de la salud intestinal y el consumo de pienso voluntario.

Diversos autores han estudiado los componentes específicos de estos enlaces entre los NSP, enzimas y la fisiología digestiva, sugiriendo que los factores críticos en su conocimiento son: una mejor comprensión de los cambios en los sustratos de la en-

DSM Nutritional Products

zima durante el procesado del pienso, otros componentes del pienso diferentes de los nutrientes y los NSP (residuos de antibióticos, micotoxinas) y el impacto que los subproductos pueden tener en la salud intestinal y en el consumo de pienso. En conclusión, la suplementación enzimática, en las combinaciones y proporciones correctas juega un papel importante en el uso eficiente y eficaz de los nutrientes de los subproductos en la dieta de los cerdos, pero sus efectos en la salud intestinal requieren investigaciones adicionales.

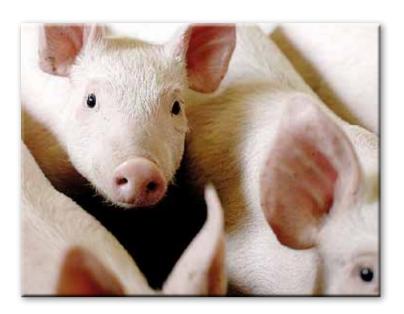
## Introducción

El aumento de precios en los mercados de cereales en la última década ha marcado una tendencia a reducir su presencia en las dietas de cerdos y un aumento de la utilización de subproductos. Esta tendencia se ha visto principalmente en las zonas de producción de cereal donde se utilizan a nivel local en procesos de mayor valor añadido, como las industrias harineras y la producción de etanol. Los subproductos resultantes tales como la cascarilla de cereales y los DDGS, respectivamente, se utilizaron inicialmente en las dietas de rumiantes. Sin embargo, debido al aumento de producción y la disminución de precios, los subproductos se han convertido en atractivos para el ganado porcino, reduciendo el coste de alimentación.

Las dietas altas en cereales son comunes en aquellas partes del mundo con una importante producción de cereal en relación con el número de animales, tales como América del Norte (Tabla 1).

En general, los subproductos tienen un menor contenido de almidón, una mayor cantidad de proteína bruta y fibra (CVB, 2003; Sauvant et al, 2004) y tienen una mayor variabilidad en la calidad de los nutrientes, por lo que la inclusión de los mismos supondría un riesgo por un menor crecimiento y rendimiento. El riesgo de la utilización de subproductos se puede reducir con:

- → Una evaluación más precisa de su calidad, tales como la energía neta y la digestibilidad de aminoácidos.
- → El uso de tecnologías para medir rápidamente la calidad del pienso, tales como el NIRS.
- El procesado de los piensos, como es la expansión y la extrusión así como la suplementación enzimática.



**Tabla 1.** Materias primas utilizadas en los piensos de cerdos (2005)

Materias primas	N. América	EU-25	Holanda	
Cereales	65%	48%	19%	
Turtós de oleaginosas	15%	25%	32%	
Subproductos industria alimentaria	5%	14%	32%	
Grasas y aceites	3%	2%	4%	
Varios	12%	11%	13%	
Dietas con bajo contenido en almidón y altas en fibra y proteína				

El cereal de mayor producción en Canadá es el trigo, alcanzando en 2011 la cantidad de 21 millones de Tm; se deriva un 16-17% a la industria del etanol y de la alimentación animal y un 21% a la producción de harinas de las que un 25% vuelven como subproductos (salvado, tercerillas, etcétera). En Estados Unidos, la utilización de trigo para la producción de harinas fue de 243 millones de Tm en el año 2010. El precio de los cereales (trigo 210 \$, DDGS de trigo 185 \$ y tercerillas 115 \$) ha aumentado sustancialmente el coste del pienso, suponiendo una oportunidad para el uso de subproductos en las dietas de cerdos.

Los objetivos de este trabajo son mostrar el conocimiento actual del uso de las carbohidrasas para mejorar la utilización de los nutrientes de los subproductos, explorar los mecanismos subyacentes de la fibra y la suplementación enzimática en la fisiología digestiva y discutir las actuales lagunas en el conocimiento para promover el uso de las enzimas para una utilización eficiente de subproductos.

Tabla 2. Composición materias primas (fresco). CVB, 1994; Widyaratne y Zijlstra, 2007.

	Almidón	NSP	Proteína	Grasa	Fósforo
Tercerillas	25	37	16	4	1,1
DDGS trigo	3	35	35	4	1,0
DDGS maíz	3	28	27	11	0,8
Cebada	54	18	11	2	0,4
Harina soja	14	17	47	2	0,6
Guisantes	47	14	23	1	0,3
Trigo	61	10	12	2	0,3
Maíz	63	10	9	4	0,3

# **Datos actualmente disponibles**

En el intestino de los cerdos, tiene lugar una interacción a tres niveles, entre la dieta, el hospedador y la bacteria. En general, la relación entre la dieta y el cerdo se ha descrito a fondo. Por ejemplo, se conoce el impacto negativo de la fibra o de los polisacáridos no amiláceos (NSP) en la utilización de la energía de los cereales (Zijlstra et al, 1999). Se han descrito los efectos positivos de las enzimas sobre la digestibilidad de la energía, siempre que la enzima utilizada coincida con el sustrato que limita la utilización de nutrientes. Así, no es sorprendente que las dietas que contienen subproductos del trigo aumenten drásticamente los NSP y por lo tanto el contenido de arabinoxilanos, por lo que una suplementación con xilanasa aumenta la digestibilidad de la energía en los cerdos (Nortey et al, 2007, 2008). Curiosamente, la relación entre los subproductos de la producción de etanol, como los DDGS de maíz o trigo y la suplementación con xilanasa está menos clara. Los DDGS han sido sometidos a procesos de fermentación seguido por secado y

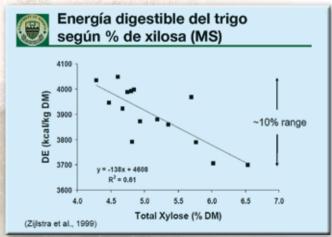


Figura 2. Energía digestible del trigo según % de xilosa (MS).

las xilanasas no siempre parecen mejorar la digestibilidad de la energía de los DDGS de trigo (Widyaratne et al, 2009). Aparte de la digestibilidad de los nutrientes, las enzimas pueden también afectar a la ingestión voluntaria de pienso en dietas altas en NSP (Zijlstra et al, 2004). Los mecanismos subyacentes a este fenómeno no están claros. Los NSP solubles pueden alterar el tránsito del contenido digestivo y obviamente una menor digestibilidad puede significar, por consiguiente, una mayor cantidad de contenido intestinal que puede alterar el flujo del mismo (Owusu-Asiedu et al, 2006).

El resultado de una reducción de la digestibilidad de los nutrientes y de la ingesta de pienso de las dietas que contienen subproductos tales como los DDGS de trigo y por tanto con más fibra, puede ser una reducción de la ingesta energética (Widyaratne y Zijlstra, 2007) y tal vez una reducción de la eficiencia alimenticia. Las principales causas de la disminución del consumo de pienso con DDGS de trigo son menos conocidas, pero el aumento del tiempo de retención debido a la fibra soluble y la reducción del mismo debido a la fibra insoluble puede jugar un papel importante (Owusu-Asiedu et al, 2006). En efecto, el trigo como una fuente de fibra insoluble reduce el tiempo de retención (Wilfart et al, 2007).

En resumen, la interacción entre el animal y el pienso es compleja; un solo estudio no puede proporcionar una respuesta, pero quizás un modelo. Aunque el papel de la fibra es en general bien conocido, el papel de las diferentes fracciones de fibra sobre el flujo del contenido intestinal, las poblaciones microbianas y la salud intestinal requiere una mayor investigación.

# **Nuevos datos experimentales**

Para proporcionar un mejor entendimiento de los mecanismos relativos a los NSP y la función y salud del intestino, se seleccionaron una serie de trabajos que se describen a continuación.

Solà-Oriol et al, 2010, testaron dietas que contenían 60% de arroz blanco o avena integral con 0% y 14,6% de NSP, respectivamente. Las diferencias en la cinética del contenido en estómago y el intestino delgado parecían estar relacionadas con el contenido digestivo de fibra dietética.

Martins et al, 2010, compararon una dieta baja en fibra con otra que incluía 15% de salvado de trigo o

DSM Nutritional Products 39

Tabla 3. Composición en NSP de los DDGS (% de MS). Widyaratne y Zijlstra, 2007.

		DDGS			
	Trigo	Maíz	Trigo + maíz	Trigo	
Total NSP	9,7	19,2	21,9	22,9	
Solubles	2,2	1,4	5,4	7,8	
Insolubles	7,5	17,8	16,6	15,1	
Arabinosa	2,3	4,3	4,7	4,9	
Soluble	0,7	0,2	1,2	1,6	
Insoluble	1,6	4,1	3,5	3,3	
Xilosa	3,4	6,2	8,1	8,1	
Soluble	1,0	0,3	2,5	3,1	
Insoluble	2,4	5,9	5,6	5,0	

cebadilla de cerveza. El salvado de trigo aumentó el contenido de ácidos grasos volátiles y de enzimas microbianas digestivas en el ciego mientras que la cebadilla de cerveza afectó a la morfología intestinal.

Le Gall et al, 2010, estudiaron la degradación de arabinoxilanos de trigo y del centeno en el tracto gastrointestinal. Los arabinoxilanos tienen un menor índice de degradación que los beta-glucanos de avena.

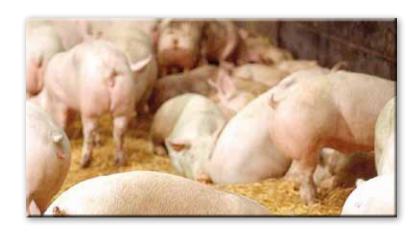
Hermes et al 2010, compararon dietas a base de arroz o cebada, con o sin fibra adicional, como salvado de trigo o pulpa de remolacha. La ingesta de pienso y la fermentación intestinal de proteínas eran más altas para las dietas de arroz, mientras que la fibra adicional aumentó el número de enterococos.

Pérez et al (2010), estudiaron los efectos de los crecientes niveles de DDGS de maíz en la morfología del intestino delgado. La inclusión de DDGS no previnieron la infección por E. coli.

En resumen, la fibra afecta claramente a la fisiología digestiva de los cerdos y desempeña un papel en el flujo del contenido intestinal y en la ingesta voluntaria de pienso. Sin embargo, las fuentes de fibra dietética y sus dietas fueron en su mayoría mal caracterizadas en su composición química y las propiedades físico-químicas. Por lo tanto, los mecanismos subyacentes que podrían explicar el papel de las fracciones de fibra en el intestino siguen estando mal explicados.

Reilly et al 2010, estudiaron los efectos de betaglucanos de avena o derivados de beta-glucanos de la avena en una dieta a base de trigo con o sin inclusión de beta-glucanasa. Los beta-glucanos intactos aumentaron la fermentación en el intestino grueso y las poblaciones de bifidobacterias y lactobacilos en el colon; la suplementación con beta-glucanasa redujo estos efectos. En conjunto, estos resultados indican que los beta-glucanos intactos estimulan la salud del intestino. Smith et al 2010, llevaron a cabo un segundo estudio con un diseño similar con dietas a base de cebada y avena. Las dietas de avena tenían una reducida digestibilidad de los nutrientes y aumentaron la población de bifidobacterias y lactobacilos.

Willamil et al 2009ª, estudiaron dietas de maíz o de trigo, centeno y cebada, con o sin  $\beta$ -glucanasa y xilanasa. Las enzimas NSP aumentaron la ingesta de pienso y la ganancia de peso para la dieta de trigo, pero no para la dieta basada en maíz, quizás debido al aumentó de la digestión del almidón en el ciego. La suplementación con enzimas disminuyó las bacterias Gram-negativas en general, pero aumentaron los lactobacilos y bifidobacterias en la dieta basada en trigo. Willamil et al 2009 $^{\text{b}}$ , utilizaron el mismo diseño de estudio, indicando que la enzima tiende a aumentar la superficie de absorción reduciendo la proliferación de las células y los linfocitos intraepiteliales en el intestino.





En resumen, los resultados confirmaron que la digestibilidad de los nutrientes diferirá entre cereales y que las enzimas pueden mejorar la utilización de nutrientes en las dietas basadas en trigo. Ambos, los cereales y las enzimas afectarán a la salud intestinal, incluyendo su morfología, las poblaciones de bacterias y los metabolitos microbianos en el contenido intestinal.

Es importante destacar que ninguno de los estudios presentados muestra el contenido esperado de NSP en la dieta, como es el caso de dietas altas en subproductos. Los datos mostrados en la conferencia se basan más en la interacción entre los NSP y las enzimas en las dietas tradicionales a base de cereales (*Tabla* 3).

## Discusión

Los nuevos datos presentados en el seminario añaden un valor limitado a los conocimientos actuales sobre los beneficios de la suplementación enzimática en la utilización de subproductos en la especie porcina. Sin embargo, el conocimiento actual y las nuevas investigaciones proporcionan una clara evidencia de que la relación entre el sustrato, tal como arabinoxilanos, y la actividad enzimática, tal como xilanasa es esencial tanto para los subproductos como para los cereales. Un componente que falta en la mayoría de las presentaciones es un análisis detallado de los niveles de sustrato y la actividad enzimática en las dietas. Es esencial la inclusión de la información de los análisis de NSP en estos estudios.

Además, la presentación de informes detallados de los análisis de NSP de los subproductos mediante separación de restos de azúcar, los análisis de peso molecular y los análisis de microscopía electrónica ayudarán a la comprensión del papel que los NSP desempeñan en la limitación de la utilización de los nutrientes de los subproductos. Por último, existen pruebas de que en determinadas circunstancias, los NSP no son el factor más importante que limitan la utilización de nutrientes de los subproductos y podría desempeñar un papel otros factores tales como las micotoxinas, NSP entrecruzados con otras moléculas y un adecuado balance de nutrientes en la dieta.

## Resumen y conclusiones

Los enzimas que degradan los NSP mejoran la digestibilidad de la energía pero sus efectos sobre la digestibilidad de los aminoácidos y el fósforo son variables dependiendo de las condiciones del ensayo.

Una combinación de xilanasa y  $\beta$ -glucanasa podrían ser necesarias para digerir eficazmente la creciente variedad de subproductos.

Por lo tanto, se puede decir que el aumento de la utilización de subproductos combinado con la aplicación de la tecnología enzimática, el procesado actual de los piensos y las tecnologías de evaluación de la calidad del pienso pueden proporcionar al cerdo una energía adicional, aminoácidos y fósforo, dando como resultado un mejor coste, un rendimiento predecible del crecimiento y un sistema de producción porcina más sostenible.

Por lo tanto, las enzimas que degradan los NSP tienen un futuro para mejorar la utilización de nutrientes de los subproductos en la alimentación de los cerdos.

### NOTA

Este artículo se ha preparado siguiendo la presentación de Ruurd T. Zijlstra en el DSM Nutritional Products Swine Tour 2011, por lo que no hay bibliografía disponible.