Efectos de las técnicas de fabricación en el valor nutrivo de los alimentos para lechones

Ioannis Mavromichalis
Doctor en Nutrición Porcina. Director de los Servicios Nutricionales. Nutral S.A.
Fernando Patón
Doctor en Química. Director Técnico. Nutral S.A.

...basado en estudios bibliográficos y las tecnologías comerciales más habituales...

El error más común, que muchos nutricionistas veteranos y noveles cometen, es creer que una fórmula bien diseñada en papel puede ser automáticamente transformada en una alimentación equilibrada de alta calidad. Asumiendo que, durante el proceso de fabricación no ocurriese ningún error de tipo mecánico o humano y que la calidad de los ingredientes estuviese cuidadosamente controlada para evitar sorpresas, se acepta que el proceso de fabricación del pienso tiene un efecto mínimo en el valor nutritivo del mismo. Esto está muy lejos de la realidad, ya que, como la práctica habitual indica, es frecuente el caso de que una fórmula bien equilibrada acabe convirtiéndose en un decepcionante pienso terminado debido a la falta de suficiente conocimiento sobre las interacciones que tienen lugar entre el proceso de fabricación del pienso y el valor nutritivo del mismo y/o el rendimiento del animal. Este estudio pretende establecer los principios básicos de tales interacciones y proporcionar unas directrices sobre las condiciones óptimas de procesado en el caso particular del pienso para lechones.

Molienda y tamaño de partícula

La molienda para reducir el tamaño de partícula de las materias primas se lleva a cabo con molinos de cilindros o de martillos. Los molinos de cilindros emplean un efecto combinado de fuerzas de compactación y cizallamiento para producir partículas de tamaño uniforme pero con forma irregular. Los molinos de martillos emplean la fuerza de los impactos para deshacer el material en partículas esféricas de tamaño variable. Debido a las diferencias en sus características físicas, el producto resultante de la molienda con cilindros resulta más fácil de manejar, ya que fluye mejor, que aquel procedente de molinos de martillos. Los molinos de cilindros resultan más caros de instalar y mantener, pero demandan menos energía en comparación con los molinos de martillos. Gracias a su menor demanda de energía para la obtención de un mismo tamaño de partícula, los molinos de cilindros, no recalientan los ingredientes que procesan y así se reducen las pérdidas de humedad (es decir, las mermas). Se ha visto que son habituales incrementos de temperatura de entre 2 y 6 °C durante la molienda de maíz con molinos de martillos. Por otro lado, los molinos de martillos proporcionan más versatilidad en el tipo de materiales que pueden procesar y además son capaces de obtener tamaños de partícula menores que la mayoría de molinos de cilindros. En general, se acepta que para la mayoría de las formulaciones, que necesitan un tamaño de partícula de entre 600 y 800 micras, los molinos de cilindros reducen costes en términos de rendimiento por unidad de energía consumida, pero esta ventaja se pierde rápidamente cuando se trata de obtener partículas de tamaños inferiores a 500 micras.

A menudo se defiende que el tipo de molienda puede también afectar al rendimiento del animal debido a potenciales diferencias en la digestibilidad de los nutrientes. Se plantea que la forma esférica de las materias primas molidas con molino de martillos inhibe la penetración de las enzimas reduciendo así la digestibilidad de los nutrientes. Estudios con cerdos en crecimiento mostraron que la digestibilidad de la materia orgánica, proteína y energía aumentaba un 5%, con respecto a maíz molido por molinos de martillos, cuando el maíz era molido con molinos de cilindros. Las diferencias en digestibilidad de nutrientes causadas por el tipo de molienda efectuada disminuyeron cuando el tamaño de partícula se redujo de 800 a 400 micras y este efecto no estuvo asociado con la variación del tamaño de partícula o el rendimiento del crecimiento.

El grado de finura del material molido resulta tener un efecto más drástico en la digestibilidad de nutrientes y el rendimiento del animal. Está ampliamente documentado el hecho de que un menor tamaño de partícula mejora el rendimiento en cerdos jóvenes. Estudios con avena y cebada muestran que los cereales finamente molidos mejoran la eficiencia del pienso y el índice de ganancia de peso en lechones destetados. Mejoras de rendimiento similares han sido observadas en maíz (**Figura 1**), trigo (**Figura 2**), y sorgo. Se especula que a medida que el tamaño de partícula

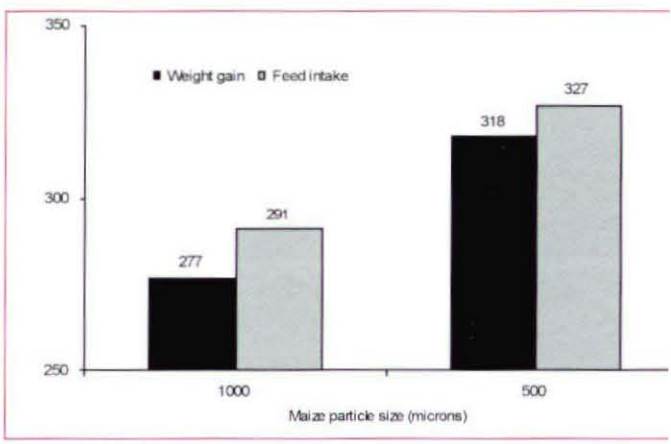

Figura 1. La reducción del tamaño de partícula de maíz mejora el rendimiento en lechones (Kim *et al.*, 1995).

disminuye, la superficie disponible para la digestión enzimática aumenta, mientras que el aumento de fluidez de la digesta mejora aún más la mezcla y la exposición a las enzimas. De hecho, al reducir el tamaño de partícula de maíz de 800 a 400 micras se aumenta la digestibilidad de la materia seca, (+3%), de la proteína (+10%), y de la energía (+4%) en cerdos en crecimiento. De una revisión amplia de la bibliografía, se podría extraer que hay un 1,3% de mejora en la eficacia del pienso por cada reducción de 100 micras en el tamaño de partícula.

Sin embargo, reducir el tamaño de partícula no sólo aumenta el consumo de energía en el molino sino que también reduce el rendimiento del mismo. Se ha demostrado que en la reducción del tamaño de partícula de maíz de 1.000 a 400 micras, la energía consumida aumenta y el rendi-

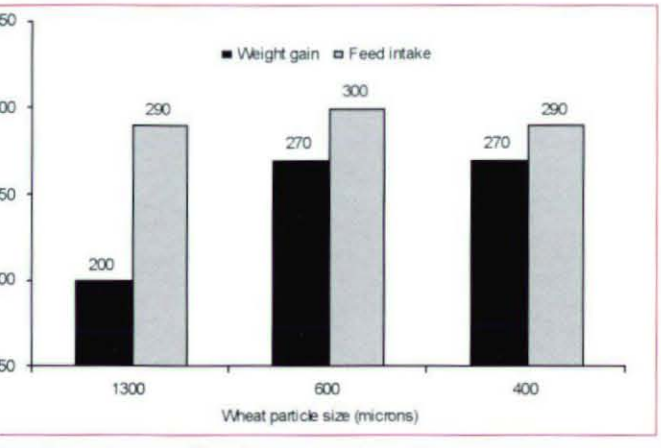

Figura 2. La reducción del tamaño de partícula de trigo mejora el rendimiento en lechones (Mavromichalis *et al.*, 2000).

miento desciende rápidamente. La reducción desde 1.000 a 600 micras dio como resultado un 40% de aumento en consumo de energía para la molienda y un descenso del 4% en la tasa de producción. La reducción hasta un tamaño de 400 micras supuso un aumento del 200% de la energía consumida para la molienda mientras que el rendimiento productivo descendió un 52%, comparado con la molienda hasta 1.000 micras. Por tanto, se acepta comúnmente que un tamaño de partícula de unas 600 micras supone una óptima solución de compromiso entre el rendimiento del animal y el de la molienda. El tamaño de partícula pequeño puede también disminuir la fluidez del pienso, especialmente en el caso de que los productos lácteos, que son bastante higroscópicos, supongan una fracción importante de la ración. Por tanto, para piensos en harina un tamaño de unas 700 micras se considera adecuado (**Figura 3**). A la inversa, en piensos granulados, son deseables ingredientes finamente molidos (tamaños por debajo de 600 micras) porque producen gránulos más duraderos.

Figura 3

Recientemente, la atención prestada al tamaño de partícula de la harina de soja ha dado lugar a resultados conflictivos. El tamaño de partícula de la harina de soja es bastante grueso, siendo en la mayoría de las muestras de 900 micras. En un estudio se redujo el tamaño de partícula de 900 a 600 micras y mejoró la digestibilidad de los aminoácidos pero no de la energía, sin mostrar incrementos adicionales cuando se redujo el tamaño de partícula hasta 150 micras. Sin embargo, en un ensayo de crecimiento, cerdos destetados alimentados con piensos compuestos normales, con harina de soja gruesa (900 micras) o fina (600 micras), no mostraron ninguna respuesta a las diferencias en el tamaño de partícula. Resulta evidente que es necesario investigar más acerca del tamaño óptimo de partícula de la harina de soja y de otras fuentes vegetales de proteína.

Homogeneidad de la mezcla

La homogeneidad de la mezcla, expresada por el coeficiente de variación (CV) de un nutriente o ingrediente específico (normalmente cloruro procedente de la sal), se emplea para medir el grado de dispersión de los ingredientes en un lote de pienso. En general, un coeficiente de variación menor del 10% indica una mezcla adecuada, e incluso, datos recientes muestran que hasta con un 20% de coeficiente de variación las raciones pueden dar buenos resultados en la práctica. Como norma general, la uniformidad de la mezcla aumenta con el tiempo empleado en el mezclado. El tiempo adecuado depende del tipo de mezcladora y los ingredientes que se empleen. Las mezcladoras verticales requieren más tiempo que las horizontales para obtener resultados similares. Se ha sugerido que el tiempo de mezcla debe ser de al menos 15 minutos con una mezcladora vertical, 7 minutos con una mezcladora horizontal de paletas y 4 minutos con una mezcladora horizontal de cintas. Además, los lotes de pienso compuestos por ingredientes con tamaños de partícula uniforme, necesitan menor tiempo para mezclarse que lotes con tamaños de partícula más variados. Los

Cuadro I. Efecto del tiempo de mezcla en el rendimiento de lechones[1]

Variable	0 min	0,5 min	2 min	4 min	SEM[2]
Ganancia de peso (g/día)	267	379	383	402	18
Ingesta (g/día)	598	711	701	720	22
Alimento/ganancia	2,24	1,88	1,83	1,79	0.17

[1]Un total de 120 cerdos con una media de peso inicial de 5,5 kg.

[2]Respuesta estadística lineal en todos los parámetros medidos ($P < 0,01$).

Adaptado de Traylor *et al.* (1994)

mejores resultados se obtienen cuando la mezcladora se carga en primer lugar con una porción de los ingredientes principales, después con los ingredientes minoritarios y los aditivos y por último con la porción restante de ingredientes principales. Los líquidos deben añadirse siempre sólo tras haber mezclado perfectamente los ingredientes en seco.

Las consecuencias de un pienso mal mezclado sobre el rendimiento en lechones destetados han sido estudiados suministrándoles un pienso compuesto de iniciación mezclado durante 0, 0.5, 2, y 4 minutos en una mezcladora vertical de cintas (**Cuadro I**). Como era de esperar, los cerdos alimentados con piensos sin mezclar (los ingredientes se cargaban en la mezcladora y sin mezclar se descargaban directamente en los sacos) tuvieron menor rendimiento que aquellos alimentados con el pienso mezclado. Incluso, los resultados no mejoraron apreciablemente cuando el pienso se mezclaban durante más de 0.5 minutos, aunque el mejor rendimiento se daba con los piensos mezclados durante 4 minutos. En este estudio, el coeficiente de variación descendió del 107 a 12% al pasar de un tiempo de mezcla de 0 a 4 minutos, respectivamente. Debido a que no se detectaron efectos de la falta de mezcla en cerdos de cebo, se concluye que la uniformidad de la mezcla es de mayor importancia en cerdos jóvenes, que ingieren menores raciones, especialmente en las primeras semanas tras el destetado.

> “La investigación demuestra que lechones de entre 14 y 21 días de vida pueden desarrollarse adecuadamente ingiriendo gránulos de cualquier tamaño entre 1 y 12 mm de diámetro”

Granulado

El granulado de raciones completas implica el acondicionado a vapor de la masa mezclada, seguida de la compactación a través de los orificios de una matriz. Las ventajas que aporta el granulado a la calidad del pienso son:

1. Menor volumen a transportar
2. Menor generación de polvo
3. Menor segregación de los ingredientes del pienso
4. Mejores características de flujo que los piensos en harina

En términos de rendimiento animal, los granulados ofrecen los siguientes beneficios:

1. Disminuyen las pérdidas de pienso en los comederos
2. Aumentan la ingesta de nutrientes gracias a su volumen reducido
3. Mejoran la digestibilidad de los nutrientes gracias al tratamiento térmico del almidón y la proteína

La combinación de estos factores, normalmente mejora la tasa de crecimiento y la eficacia del pienso en torno al 5-15% en lechones. Debido a que los efectos beneficiosos del granulado suelen disminuir en las ultimas fases del periodo de transición, el coste del granulado debe ser comparado con los beneficios en rendimiento y quizá con la excrección reducida de nutrientes.

Aproximadamente, para que el granulado sea rentable, el porcentaje de aumento en coste de alimento debido al granulado debe ser menor que el porcentaje de mejora en la eficiencia del pienso.

Cuadro II. Efecto de los finos en piensos granulados en el rendimiento de lechones[1]

Variable	Finos mínimos	30% de finos añadidos	Diferencia (%)
Ganancia de peso (g/día)	469 [a]	454 [b]	- 3
Ingesta (g/día)	772	771	0
Ingesta/ganancia	1,65 [a]	1,70 [b]	+ 3

[1]El experimento fue llevado a cabo del día 7 al 21 post-destete.

[a,b]Letras distintas hacen referencia a diferencias significativas entre los valores (P < 0,05).

Adaptado de Stark *et al.* (1994)

Durante el acondicionado con vapor, el pienso está expuesto a niveles de humedad y temperatura relativamente altos. Normalmente se añade a la masa del pienso entre un 2 y un 6% de humedad durante el acondicionado, a temperaturas que van desde 60 a 90 °C durante varios segundos e incluso hasta más de 20 minutos. En general, por cada unidad porcentual de aumento de humedad en la mezcla debido a la condensación del vapor, la temperatura aumenta unos 20 °C. También se generan temperaturas extremadamente altas durante el proceso de granulado debido a la fricción con las paredes de los orificos de la matriz a medida que la mezcla es forzada a pasar a través de ellos. Por tanto, existe un mayor riesgo de formación de productos de las reacciones de Maillard durante todo el proceso de granulación. En piensos para lechones, relativamente ricos en productos lácteos (la lactosa es un azúcar reductor) y fuentes de proteína que incluyen aminoácidos libres, el riesgo de disminución de la digestibilidad de la proteína es real. De todas formas, este aspecto ha recibido escasa atención por parte de la comunidad científica. Por tanto, no es sorprendente que la mayoría de las dietas para cerdos jóvenes estén formuladas con aminoácidos en exceso.

La granulación aumenta la gelatinización del almidón desde alrededor del 10-12% en la materia prima, hasta aproximadamente el 25% durante el acondicionado y por encima del 40% tras la granulación. El aumento de la gelatinización del almidón aumenta la durabilidad del gránulo pero también su dureza.

La calidad del granulado ha estado tradicionalmente asociada a su durabilidad, se trataba de una característica deseable en piensos para cerdos jóvenes. Un índice de durabilidad del granulado por encima del 90%, es decir, menos del 10% de finos en la ración, es aún considerado un buen rasgo de calidad en piensos granulados para lechones. Un pienso granulado duro tiene menos probabilidades de romperse durante el transporte y la manipulación, y como consecuencia de ello da lugar a menor cantidad de finos. Una mayor cantidad de partículas finas en el alimento no sólo aumenta la probabilidad de atascar los comederos, sino que también aumenta el índice de conversión (**Cuadro II**), especialmente en cerdos jóvenes. La forma más común de aumentar la durabilidad del gránulo es aumentar su dureza. Los granulos duros se consiguen mediante una combinación de selección de ingredientes, acondicionado de la mezcla y uso de aglomerantes. De todos modos, observaciones de campo, sugieren que los cerdos destetados muestran una reacción de aversión a los granulos duros, disminuyendo el consumo de pienso. Cuando a cerdos destetados se les ofrecieron gránulos duros en lugar de blandos, se redujo drásticamente el consumo de pienso (-13%) y también el crecimiento (-11%) durante las primeras dos semanas post-destete. Los gra-

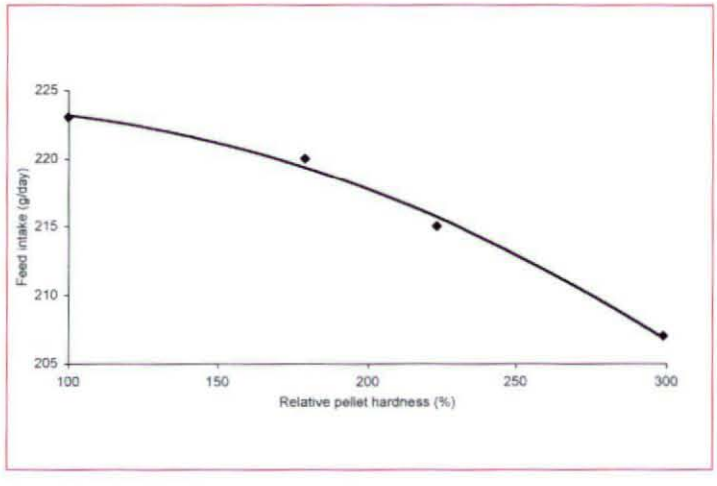

Figura 4. La dureza del gránulo reduce el consumo de pienso en cerdos jóvenes (Mavromichalis *et al.*, 2002).

Cuadro III Efecto del diámetro del gránulo en el rendimiento de lechones[1]

Variable	Harina	2 mm	4 mm	6 mm	12 mm
Ganancia de peso (g/día)	358	362	371	362	364
Ingesta (g/día)	537	510	516	541	532
Ingesta/ganancia	1,50	1,41	1,39	1,49	1,46

[1] El ensayo duró 29 días tras el destete. Sin diferencias estadísticas.
Adaptación de Traylor *et al.* (1996)

nulos blandos contenían un 30% de finos (**Figura 4**), por tanto se considera que el índice de durabilidad del granulo no es un criterio adecuado para evaluar la calidad del pienso granulado destinado a cerdos jóvenes. Los cerdos más pequeños son los que más tienden a llenar la boca con pienso para ablandarlo con saliva antes de masticarlo y tragarlo. Las lesiones producidas en la boca de cerdos pequeños, frecuentemente son atribuidas por sus criadores a los granulados duros.

Otro aspecto de calidad del pienso granulado es el tamaño y diámetro de los gránulos. Existe la idea muy extendida de que los cerdos pequeños necesitan ingerir gránulos pequeños para su desarrollo. De nuevo, la investigación demuestra que lechones de entre 14 y 21 días de vida pueden desarrollarse adecuadamente ingiriendo gránulos de cualquier tamaño entre 1 y 12 mm de diámetro, aunque el desperdicio de pienso puede aumentar con gránulos por encima de 3-4 mm de tamaño (**Cuadro III**). Lo que aún no está claro es si la dureza del gránulo interactúa con su tamaño. Es también muy probable que a medida que el tamaño del gránulo disminuye, el daño a la biodisponibilidad de los aminoácidos aumenta debido a la mayor fricción con los orificios de la matriz, pero aún no ha sido demostrado. Normalmente, los piensos comerciales para el periodo de transición están disponibles en gránulos de entre 2 y 4 mm de diámetro para cerdos destetados, aunque los mini-gránulos (por debajo de los 2 mm) y los gránulos mayores (entre 4-5 mm) también son comercializados.

> “El grado de finura del material molido resulta tener un efecto más drástico que el tipo de molienda en la digestibilidad de nutrientes y el rendimiento del animal”

Obviamente, los lechones no prestan atención al color del granulado, pero muchos productores si que tienen en cuenta la uniformidad del aspecto del pienso. Un pienso granulado más oscuro puede ser el resultado de sobreprocesado o de la selección de ingredientes. Temperaturas elevadas durante el proceso de granulado pueden dar lugar a la formación de productos de Maillard (reacción de pardeamiento) que oscurecen el producto final. También ingredientes como cereales procesados, harinas de pescado y melazas, que son más oscuros que la mayoría de ingredientes sin procesar, tienden a oscurecer los gránulos. Las motas negras en los gránulos son un indicio de la inclusión de ingredientes de origen animal o de ingredientes que han sido previamente tostados, pero no son indicativos de las condiciones de granulación. Los piensos granulados de color claro indican grandes cantidades de inclusión de ingredientes crudos tales como maíz y trigo y mínimamente procesados como harina de soja y otras fuentes proteicas. Lo que más debe preocupar a los usuarios finales de los piensos granulados es la excesiva y frecuente variabilidad en el color del pienso y su apariencia general, esto puede ser un indicador de frecuentes cambios en la formulación y/o de condiciones de granulación inadecuadas. ■