DESTETE Y CONFORT INTESTINAL EN PORCINO.

ENZIMAS EXÓGENAS

Por: Rafael Durán Giménez-Rico
Technical Manager
Danisco Animal Nutrition

1.- Introducción

Ya en los años 90 se aprecia un aumento consistente en el empleo de ciertos productos, resultantes de la biotecnología, como aditivos en la alimentación animal. También, en ese tiempo, asistimos a un progreso evidente en la investigación y desarrollo de nuevas posibilidades.

De entre todos estos aditivos, las enzimas pueden considerarse como uno de los que más progresos ha realizado, junto al masivo empleo de aminoácidos industriales obtenidos – como las enzimas – a partir de fermentaciones controladas de manera industrial. Cabría señalar, como resalta Partridge (2001), el amplio número de aplicaciones que de las enzimas exógenas podemos hacer: mejora de la digestibilidad de los nutrientes del alimento; inactivación y/o destrucción de determinados factores antinutricionales (FAN); aumento de la digestibilidad de los polisacáridos no amiláceos (PNA); complementar las enzimas propias del lechón; reducción de las pérdidas a través de los purines.

La alimentación y el manejo del alimento del lechón recién destetado supone todo un reto para los nutricionistas y formuladores, que se enfrentan a un número de dificultades a superar, de forma que logremos potenciar en grado máximo el crecimiento del animal. Entre los factores que limitan dicho crecimiento nos atrevemos a destacar los siguientes: secreción limitada de enzimas endógenas; capacidad de absorción intestinal reducida; escasa secreción de ácido; muy pobre – por lo general – ingesta tanto de agua como de pienso. Muchos de estos factores se hallan claramente interrelacionados y todos, en principio, podrían ser alterados en cierta medida mediante el empleo de enzimas exógenas.

Dentro del campo de la alimentación del lechón observamos una muy marcada tendencia – influenciada por las actuales corrientes sociales de presión, las demandas del consumidor,... – hacia la búsqueda de alternativas a los antibióticos de uso terapéutico y sub-terapéutico. Cada vez más, se aprecia un mayor interés en entender el papel que juegan determinados aditivos y sus combinaciones en la manipulación de la flora microbiana.

Este artículo pretende analizar de manera somera el papel de las enzimas en la nutrición del lechón recién destetado. Trataremos de revisar de entre lo mucho publicado, lo más interesante de las carbohidrasas (xylanasas y beta-glucanasas), proteasas y fitasas: sus posibles modos de acción, así como los beneficios que ofrecerían al lechón que las reciba.

2.- Consumo voluntario de pienso del lechón recién destetado. Influencia sobre estructuras intestinales.

El factor principal de cara a maximizar el potencial de crecimiento magro del lechón es estimular su apetito. Es decir, cualquier nutricionista que diseñe un alimento para el lechón debe centrar sus esfuerzos en lograr superar esa "barrera del apetito". Whittemore (1993) ya propuso una ecuación, en la resaltaba la importancia que la digestibilidad del alimento tiene sobre el consumo de pienso en lechones de 10 kg. p.v.

Aún siendo una simplificación, la ecuación:

Ingesta Voluntaria Pienso , kg/día = 0.013 * P.V. / 1- Coef. Digest.

ilustra la importancia de mejorar lo más posible la digestibilidad, resultando claro, por otra parte, los beneficios

Tabla 1: Influencia del ritmo de crecimiento (GMD) la semana posterior al destete, sobre los resultados posteriores (Universidad de Kansas).

GMD,g en la semana inmediata al destete	Peso (kg) tras el destete (días)			Días hasta salida a matadero, con 113,5 kg p.v.
	28	56	156	
< 0	14,7	30,1	105,5	183,3
0 - 150	16	31	108,4	179,2
150-230	17	32,5	111,4	175,2
> 230	18,2	34,8	113,5	173

Tabla 2: Consumo de pienso en lechones destetados (Fowler y Gill, 1989).

	Peso vivo, kg	CMD,G	Ingesta de E, kcal EM/d*	GMD,g
1er día	6,5	26	89	0
1ª semana	6	210	627	90
2ª semana	7,1	410	1220	220
3ª semana	9,34	630	1880	410

(*): valor adaptado de MJ ED/d mediante 0,965 (ED - EM) y 239 (MJ - kcal).

resultantes de maximizar el crecimiento de estos animales inmediatamente después del destete (Ver **Tabla 1**).

Conviene resaltar que es el consumo de alimento lo que regula el crecimiento en el lechón destetado, y que dicho crecimiento se ve, de forma invariable, reducido por debajo del máximo potencial por un apetito que se ve generalmente disminuido. Le Dividich y Herpin (1994) observaron un periodo de subalimentación tras el destete, concluyendo que el lechón es incapaz de alcanzar la ingesta energética necesaria para cubrir las necesidades de mantenimiento (EMm), hasta el quinto día post-destete. Por otro lado, anteriormente, Fowler y Gill (1989) afirman que para mantener un ritmo de crecimiento similar al de bajo la madre – cercano a 280 g/d - , un lechón de 6 kg p.v. necesitaría ingerir al menos 475 g de un pienso rico en energía (3805 kcal EM/kg ó 2800 kcal EN/kg); la ingesta de pienso necesaria para alcanzar ese ritmo de crecimiento no se alcanza hasta la segunda o tercera semana después de un destete a 21 días (ver **Tabla 2**).

No está claro hasta qué punto el consumo de pienso en lechones destetados es consecuencia de una determinada genética más o menos capaz; lo que si parece evidente, es que el apetito del recién destetado es más un indicativo de circunstancias tales como: espacio de comedero disponible; superficie de suelo por lechón; salubridad de las naves; salud individual del animal; temperatura ambiental; tamaño del lechón; capacidad física del tracto digestivo.

2.1- Cambios estructurales de la pared intestinal en el destete.

La mucosa intestinal del lechón recién destetado, pasa de ser una superficie con vellosidades largas y delgadas – suponiendo una amplia superficie de absorción – a otra bien distinta, con vellosidades recortadas y más gruesas que se traducen en una marcada disminución de la superficie de absorción. Además, tras el destete, y al microscopio, se aprecia una pared intestinal recubierta de células epiteliales dañadas; probablemente como consecuencia de la escasa ingestión de alimento (de ahí la necesidad de estimular un consumo temprano de alimento) y/o como respuesta inmune a determinados componentes presentes en la dieta. Las proteínas glicina y beta-conglicina parecen estar implicadas en este tipo de cambios (ver **Tabla 3**).

Como consecuencia de todo ello, el lechón ve comprometida su capacidad de absorción de nutrientes y por tanto su crecimiento. Es interesante resaltar el hecho de que, a pesar de los efectos negativos de determinados ingredientes, algunos autores coinciden en recomendar la utilización en porcentajes bajos de proteínas vegetales (harina de soja), de manera que se va exponiendo al lechón a los ingredientes que en el futuro supondrán el grueso de su alimentación; llegados a este punto, el empleo de enzimas exógenas que permitan una inclusión de fuentes de proteína vegetal con mayor seguridad, se hace realmente interesante al tiempo que estimulante.

El destete como punto de inflexión

3. – Enzimas exógenas disponibles.

3.1 - Carbohidrasas

La carbohidrasas son enzimas de aplicación en piensos de destete, en los que se busca mejorar la digestibilidad de la fracción PNA y otros componentes almidonosos (el mismo almidón). Maíz, trigo, cebada, los principales cereales en la alimentación porcina, contienen niveles importantes de paredes celulares, pero difieren en su porcentaje y su composición (ver **Figura 1**y **Tabla 4**).

Tabla 3: Efecto de productos varios derivados de la soja en: la estructura de la pared intestinal; respuesta inmune (espesor de piel tras inyección de antígeno extraído del alimento); absorción (dosificación por vía oral de xylosa seguida de toma de sangre); tasa de crecimiento de lechones destetados a 21 días, durante los 14 días sucesivos. (Li y col, 1991; extraído de Partridge, 1997).

	Proteína láctea	Harina de soja	Concent. de soja	Concent. de soja extruido
GMD, (14 días, g)	326	182	208	319
Absorción de xylosa, (mg/100 ml)	0.82	0.42	0.61	0.67
Altura villi, (um)	364	234	309	319
Profundidad criptas, (um)	198	222	214	196
Espesor piel, (mm)	0.82	3.33	2.65	2.50
Coliformes, (% del total)	2	37	24	4

Dietas a base de maíz (y sorgo)

Con niveles parecidos de PNA, maíz y sorgo (no en EU) suelen ser cereales de elección en piensos de destete. Con un nenor contenido de paredes celulares que el resto de cereales, su valor nutricional se va además mejorado por su mayor porcentaje en almidón. Los procesos estándares de molienda hacen que en el interior del estómago y en el intestino delgado puedan aparecer, a pesar de todo, restos de nutrientes completamente "protegidos" por material fibroso; trabajos como el de Healy y col. (1994; mencionado en Partridge, 2001), en el que se demuestra una mejora productiva en el post-destete a medida que la molienda de maíz y sorgo se hizo más fina, invitan a pensar en que el efecto positivo se debe a una reducción en el encapsulamiento por las paredes celulares, del resto de nutrientes. A pesar de este efecto beneficioso gracias a la mejora de la molienda, en este caso del maíz y sorgo, no debemos olvidar los costes económicos que la aplicación de estos procesos tecnológicos entrañaría.

Las enzimas exógenas de interés para mejorar la digestión del maíz y sorgo serían la xilanasa (buscando romper las membrana celular que envuelve almidón y proteína en el interior del endospermo) y, en menor medida, la celulasa. Ahora bien, es cierto que pocos trabajos han encontrado respuestas positivas, así como el hecho de que la mayor parte de las enzimas empleadas en los trabajos de investigación sean aplicadas en forma de complejos enzimáticos, que incluyen más de una actividad

La digestibilidad del almidón de maíz, con y sin enzimas no ha sido estudiado de forma sistemática. Ahora bien, la relación amilosa/amilopectina del propio almidón afectará directamente a la mayor o menor digestibilidad ileal de éste; cuanto mayor sea el contenido en amilosa (cadenas lineales y más largas de moléculas de glucosa) respecto del de amilopectina, menor es la digestibilidad del almidón y mayor el riesgo de que aparezca almidón sin digerir en el intestino grueso, con el correspondiente riesgo de fermentaciones bacterianas nocivas. Parecería, por tanto, interesante, considerar la posibilidad de emplear amilasas en los complejos enzimáticos exógenos para lechones destetados.

Dietas a base de cebada y trigo

La aplicación de enzimas en dietas a base de cebada, trigo y/o mezclas de ambos, ha sido investigada con mayor profusión que el caso del maíz. No me corresponde aquí hacer un repaso exhaustivo del numerosísimo número de pruebas realizadas con estos cereales y el efecto de las enzimas sobre ellos, sin embargo recomiendo al lector el trabajo de Partridge (2001), en el que se recoge un resumen muy clarificador de éstas.

Desde 1990 se vienen realizando trabajos en los que se estudia el empleo de enzimas exógenas en cerdos y pollos, alimentados con cereales "viscosos" (trigo, cebada, centeno). Es precisamente el alto contenido del endospermo de la cebada en beta-glucanos solubles, lo que le confiere esa naturaleza viscosa; es también verdad, que este fenómeno es muy claro en

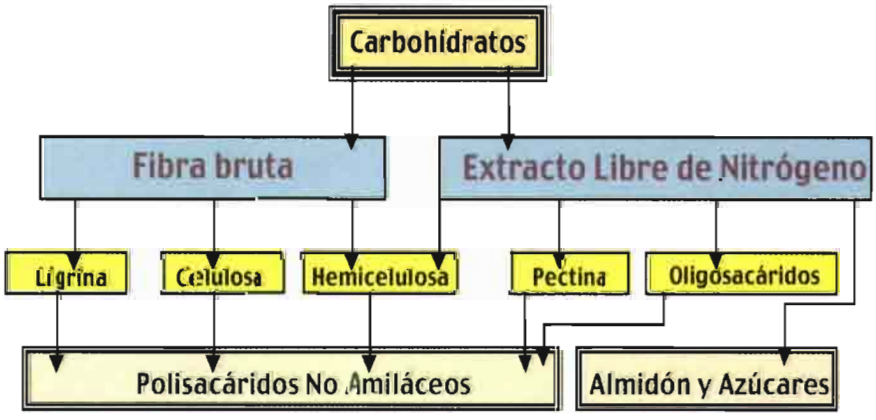

Figura 1: Clasificación de los carbohidratos (Brenes y col., 2002)

pollos y no tanto en lechones (cerdos), por tener éstos un contenido digestivo con mayor humedad (entorno a 10% más). La fibra de carácter más insoluble predomina en la capa más externa, rodeando al endospermo del grano (aleurona); esta capa, en su parte más externa es, a su vez, una mezcla de xilanos y beta-glucanos. Esta complejidad final de endospermo por un lado y capa de aleurona por otro, hacen que sea necesario emplear xilanasas y beta-glucanasas conjuntamente en dietas de lechones con base cebada como cereal principal.

Contrariamente a lo que podría esperarse, las variedades de cebada bajas en fibra ("hull-less barley") dan resultados peores a los deseados. Esta cebada contiene menos fibra de naturaleza insoluble (la vaina exterior se separa más fácilmente del grano), aumentando así los contenidos en proteína, pero también los de fibra soluble dentro del endospermo del grano; esta fracción de naturaleza soluble es la responsable de los problemas en el intestino delgado: interfiere con la digestión del resto de nutrientes, disminuyen la velocidad de tránsito del alimento al tiempo que favorecen la proliferación bacteriana en esta zona proximal del sistema digestivo. Los distintos tratamientos térmicos del pienso (acondicionamiento, granulado, expansión,...) pueden agravar el efecto nocivo de la fibra soluble presente en los cereales (**Figura 2**). En conclusión, los tratamientos térmicos son un arma de doble filo: positivo como precursor de la gelatinización del almidón, además de mejorar la bacteriología del alimento; negativo desde el punto de vista de la transformación que puede sufrir la fracción fibra del mismo. Una vez más se resalta aquí, la importancia de acompañar la dieta con un complemento enzimático adecuado.

En el caso del trigo, los arabinoxilanos están presentes tanto en el endospermo como en la capa de aleurona que le rodea. Suponen cerca del 50-60% del total de los PNA (ver **Tabla 4**).

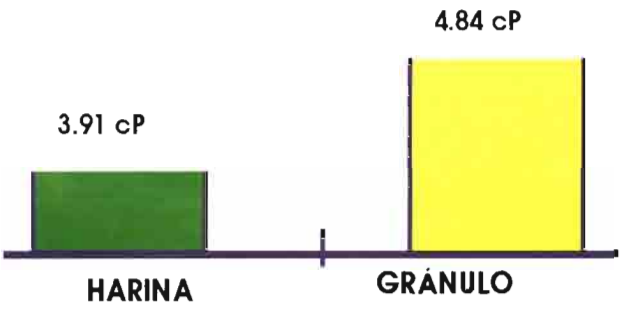

Figura 2: Efecto del tratamiento de la harina (acondicionado + granulado) en la solubilización de la fibra y su valor de viscosidad (cP = centipoise). Medido mediante el método AvicheckTM (Finnfeeds), es una estimación de la viscosidad en una fase acuosa, medido tras un paso de predigestión in vitro de la muestra. Realizado con 11 pares de muestras de alimento (harina y gránulo), con base trigo-cebada.

Comparado con la cebada y avena, los beta-glucanos apenas importan (6%). Las xilanasas serían las enzimas exógenos de elección para su utilización en dietas con base trigo. Como ya se ha señalado con anterioridad, el trabajo de Partridge (2001) resume perfectamente las experiencias realizadas con este tipo de enzimas en la última década (1990-2000). Sin embargo cabe subrayar el hecho de que en el caso de las xilanasas y el trigo, la respuesta es, en general, más variable y menos consistente que para la combinación beta-glucanasas y cebada.

Es precisamente al final de esta década, cuando se realizan estudios de xilanasas frente a trigo(s) cuya calidad se ha predeterminado con anterioridad en lechones. Y en estos trabajos más recientes (Partridge y col., 1999; Choct y col., 1999), se demuestra la eficacia de las xilanasas a la hora de mejorar los resultados productivos con trigos "pobres" y no así con trigos "buenos" (**Tabla 5**).

Tanto en los trabajos de Choct y col. (1999) como los de Partridge y col. (1999), la utilización de xilanasa redujo la limitación sobre el consumo de pienso debido al empleo de trigos de peor calidad (ver **Tabla 5**).

Gracias a la mejora en el consumo voluntario de alimento de los animales, se produce una mejoría del crecimiento que puede ser debido a una mayor disponibilidad de nutrientes, así como al efecto positivo sobre el consumo. Otros cambios, probablemente sobre la flora microbiana intestinal, pueden ser también debidos al empleo de enzimas; en esto se entrará más adelante.

3.2 – Proteasas

Las fuentes proteicas empleadas históricamente en la alimentación del lechón han sido siempre de gran calidad nutritiva, debido en parte a su origen (plasma, pescado, derivados lácteos,...), como a los procesos tecnológicos a los que se les somete (concen-

Tabla 4: Diferencias en la composición (g/kg)de las paredes celulares y almidón de los cereales más empleados en la alimentación de lechones (base datos, FFI).

	MAÍZ	SORGO	TRIGO	CEBADA
Almidón	640	620	610	560
Fibra total (Pared celular)	100	110	110	180
Fibra bruta	25	25	25	45
Beta-glucanos	---	7	7	40
Arabinoxilanos	44	45	58	65
Celulosa	20	21	25	39
Lignina	5	6	7	20

Tabla 5: Efecto de la adición de xilanasa sobre dietas con base a trigos (65%) predeterminados en función de resultados productivos (estudios de crecimiento previos con lechones entre 28-60 kg) (Partridge y col., 1999).

Trigo	- / + xilanasa	P.V. Final, kg	GMD, g	CMD, G	IC, g/g
Bueno	-	61.9	960 a	1772 a	1.84
Medio	-	60.2	918 ab	1622 ab	1.80
Medio	+	61.2	945 a	1710 ab	1.81
Pobre	-	58.3	878 b	1576 b	1.76
Pobre	+	61.5	952 a	1728 a	1.81
SEM		0.651 (NS)	12.4*	33*	0.021 (NS)

(*): P<0.05.
(**NS**): no significativo.
ab: Medias con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente (P<0.05).

trados de soja, harinas de pescado tratadas a baja temperatura,...).

Sin embargo el coste de estos ingredientes por una parte, así como las recientes imposiciones legales sobre la utilización de productos de origen animal por otra (1-Enero-2001; orden, 2000/766/EC), han forzado a un mayor empleo de fuentes proteicas de origen vegetal, incluso en dietas de lechones destetados.

La mayor parte de los trabajos con proteasas se han llevado a cabo con productos de soja, por ser ésta la fuente proteica vegetal por excelencia. El empleo de harina de soja lleva implícito una mayor variabilidad en la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos esenciales, además de aportar – por la propia naturaleza de la materia prima – una serie de factores nutritivos de riesgo, denominados factores anti-nutricionales (FAN: inhibidores de tripsina, lectinas, factores alergénicos).

La menor digestibilidad ileal de la proteína, asociado al aumento de pérdidas endógenas nitrogenadas debido a los FAN y a las reacciones alergénicas provocadas en el entorno intestinal del lechón, convierten a las proteasas en una enzima de interés indudable; la creciente imposibilidad en el empleo de ciertos aditivos (promotores de crecimiento) realzan aún más la importancia que una proteasa eficaz puede adquirir. Caine y col. (1998) resumen en la siguiente tabla (**Tabla 6**) unos estudios in vitro llevados a cabo con una subtilisina (proteasa), en los que se aprecia el potencial que estos productos tienen al solubilizar la proteína, disminuyendo los niveles de FAN al mismo tiempo.

En ensayos de crecimiento parece, bien es cierto, que parte de estos efectos in vitro se pueden trasladar a los lechones recién destetados. Uno de los trabajos más claros y demostrativos en este sentido es el llevado a cabo por Rooke y col. (1996) y que se refleja en la **tabla 7**.

En ella se demuestra como un tratamiento de la harina de soja previo a su utilización en una dieta para lechones recién destetados, se tradujo en mejores crecimientos debido a un mayor consumo, pero también a una mejor eficiencia.

Beal (1998c) señala que el interés del tratamiento previo de las harinas de soja con proteasas, se relaciona además con la posibilidad de reducir los efectos nocivos de los factores antinutricionales (factores antitrípsicos, lectinas). En la actualidad están ya disponibles en el mercado algún producto de soja en el que se aplican últimas tecnologías en la aplicación previa de enzimas.

4. – Modos de acción de las enzimas exógenos y su importancia en la Nutrición del lechón destetado.

El bajo consumo de pienso después del destete es ya sabido como un impedimento para el normal desarrollo del lechón. El escaso crecimiento en esta fase es un problema multifactorial. Sin embargo, las enzimas exógenos pueden aliviar parcialmente esta situación, primero por su papel mejorador de la digestibilidad y, segundo, actuando sobre aspectos de la fisiología digestiva.

De sobra es conocido que la fibra soluble, los PNA de alto peso molecular (del trigo, cebada, centeno,...), interfieren con la digestibilidad de los nutrientes, así como de su absorción. Este fenómeno se traduce en cierta influencia sobre la flora bacteriana. Y aunque el contenido en agua del intestino del cerdo es mucho

Tabla 6: Efecto de la adición de proteasa sobre la MS soluble total, la PB soluble y el nivel del factor inhibidor de la tripsina (FIT) a la temperatura de 50°C, y una concentración de 1 mg/g de harina de soja a pH 4.5 (Caine y col., 1998).

	Control Sin enzima	Con Proteasa
MS soluble total, g/kg	212.4 a	356.0 b
PB soluble, g/kg	90.5 a	318.7 b
FIT, mg/kg	3.55 a	3.08 b

ab: Medias con letras diferentes en la misma fila, difieren significativamente (P<0.05

mayor que el del pollito, existen referencias en las que la viscosidad intestinal del lechón se vio reducida mediante la aplicación de enzimas (**Tabla 8**).

La influencia de la fibra soluble en el cerdo parece ir más allá de la mera reducción de la viscosidad, y podría mediar también en un cambio importante del perfil de la flora microbiana. Esto, a su vez, afectaría a un mayor ahorro de nutrientes, por una menor carga microbiana ante la presencia de enzimas.

Tabla 7: Efecto de un tratamiento previo de la soja (HS) con ácido (HS-A) o con ácido-proteasa (HS-A-P) en lechones durante la primera semana tras el destete (Rooke y col., 1996). La soja fue tratada durante 3 horas a 50°C, a pH 4.5 y a 20% MS; el producto se neutralizó y se secó (65°C) antes de su inclusión en una dieta a base de maíz, aminoácidos, vitaminas y minerales, con 1.2% lisina, y 14.5 MJ ED/kg (3465 kcal).

	LD-HP	CPS	HS	HS-A	HS-A-P
CMD, g MS/d	198	191	175	211	210
GMD, g/d	141**	129	95	121	155**
IC, g MS/ g	1.40	1.48	1.84	1.74	1.35

**: (P<0.01).

También de interés es el efecto que Sudendey y Kamphues (1995) describen en sus trabajos con enzimas en lechones; la reducción de la viscosidad por la aplicación de enzimas en dietas con base de trigo o cebada, se asocia con un aumento significativo del flujo de alimento predigerido desde el estómago al resto del intestino delgado. Esta mayor salida de alimento hacia el intestino se traduce en una mayor disponibilidad de nutrientes, que siendo absorbidos de manera eficaz, se traducen en un mayor crecimiento y además en una fuente de energía fundamental para la pared intestinal. La viscosidad de ciertos cereales puede afectar en zonas digestivas posteriores del intestino delgado. Si ese es el caso, la digestión puede verse afectada. Además, ciertas partículas de nutrientes más digestibles– proteína, almidón - , pueden ser "físicamente encerrados" por este tipo de fibra más soluble (PNA).

La capacidad de retención de agua (WHC) de determinados ingredientes también puede limitar en cierta medida el consumo voluntario de alimento de los lechones (Kyriazakis y Emmans, 1995). Las carbohidrasas – xylanasas, beta-glucanasas – son eficaces reduciendo la WHC de ciertas materias primas: el efecto de las enzimas sobre el consumo de pienso está, por tanto, también mediado por aspectos de capacidad física del sistema digestivo.

5.- ¿ Qué nos depara el futuro ?

En la última década se ha demostrado de forma convincente, que la aplicación de enzimas exógenas en dietas de lechones recién destetados ofrece una alternativa atractiva frente a otros aditivos, algunos de ellos ya no permitidos dentro de la EU. Para una mejor utilización de las enzimas, se hace imprescindible un conocimiento profundo de los factores antinutricionales de los distintos ingredientes, así como su identificación de forma rápida y económica. Este es un área en el que el I&D de las distintas empresas del sector se van a ver implicadas.

La alimentación líquida de lechones es ya una realidad en algunos países. La aplicación de enzimas en este sistema, también se antoja otro área de investigación interesante. De cara a mejorar el estado sanitario y de reducir el estrés digestivo de los lechones recién destetados, la laimentación líquida despunta como un sistema muy interesante y prometedor; aunque aquí no se ha tratado el tema, la aplicación de estos sistemas se va extendiendo cada vez más en países del Norte de Europa, siendo posible que en un futuro sea un sistema a considerar en determinadas zonas de España.

Para terminar, la alimentación como profilaxis nutricional, aparece como un complejo de interacciones entre el animal, su flora bacteriana y el propio alimento. Todo lo que sea innovar en este campo, supondrá una mejora desde el punto de vista del bienestar alimentario del lechón.

Nota: Existe la posibilidad de acceder a las referencias bibliográficas mencionadas contactando con:

rafael.duran@danisco.com

Tabla 8: Efectos de las enzimas sobre la viscosidad en el intestino delgado del lechón. Ref. 1, Inborr (1994). Ref. 2, Sudendey y Kamphues (1995). Ref. 3, Dusel y col. (1997a). Ref. 4, Partridge y col. (1998).

	Ref. 1	Ref. 2	Ref. 2	Ref. 3	Ref. 4
Control	3.3	1.7	4.2	6.4	2.2
+Complejo enzimático	2.2*	1.5*	1.7*	3.1*	1.8**

(*): P<0.05 (**): P<0.10