

Uso de enzimas en los piensos de cerdos y aves

S. LÓPEZ FERRER. DR. VETERINARIO. I+D DE IQF, S.A.

El uso de enzimas como aditivos alimentarios se ha expandido rápidamente durante los últimos 15 años. Pese a que los beneficios económicos de dichos enzimas han sido bien establecidos, aún es necesario profundizar en el desarrollo de los mismos para que éstos alcancen el pleno potencial en la industria. Específicamente, se requiere una mayor investigación para explorar los mecanismos por los cuales los enzimas ejercen sus efectos beneficiosos, para identificar los sitios de acción en el tracto gastrointestinal donde los enzimas son más efectivos y para determinar los tipos y cantidades de enzimas requeridos por distintas clases y estadios de aves y cerdos para todo tipo de piensos.

Los enzimas no tan sólo permiten la utilización de nuevos ingredientes de forma económica, sino que, además, tienen un efecto positivo sobre el medio ambiente, pues en algunos casos permiten reducir la contaminación asociada con la producción animal.

Por otro lado, los enzimas son una herramienta útil en el estudio de mecanismos metabólicos y fisiológicos en el animal. Estos estudios permiten mejorar nuestro conocimiento del papel de los enzimas como aditivos alimentarios en la nutrición.

Las enzimas son moléculas proteicas producidas por todos los organismos vivos que desempeñan un papel vital en diferentes procesos metabólicos. También se las conoce con el nombre de biocatalizadores debido a que inician y/ o aceleran numerosas reacciones metabólicas.

En todas las reacciones metabólicas catalizadas por enzimas, cada enzima se une a un sustrato específico (como es el caso de los diferentes nutrientes de las dietas para animales). Así se forma un complejo enzima-sustrato en el que la enzima y el sustrato se encajan de manera parecida a una llave dentro de una cerradura. Durante el proceso de unión enzima-sustrato, la molécula del sustrato se divide en varias fracciones. La enzima, sin embargo, continúa inalterada y disponible para futuras reacciones.

Enzimas digestivos y su importancia en producción animal

Los alimentos contienen nutrientes de elevado peso molecular: proteínas, grasas e hidratos de carbono. El tracto digestivo del animal no es capaz de absorber este tipo de moléculas tal y como son ingeridas. Gracias a la acción del ácido clorhídrico gástrico y de las enzimas endógenas propias del animal (amilasas salivares y gástricas, lipasas y proteasas gástricas y duodenales), estas macromoléculas se descomponen en partículas absorbibles.

Una óptima actividad enzimática es un requisito indispensable para obtener un buen crecimiento y un bajo índice de conver-

sión. Este último se consigue por un superior aprovechamiento digestivo (superior digestibilidad) de los mismos nutrientes presentes en el pienso.

Existen enzimas de todo tipo, cuya función común será la de favorecer la destrucción de estas macromoléculas. Algunos de los enzimas que han sido utilizados en los últimos años o tienen potencial de uso en la industria alimentaria incluyen las celulasas (beta-glucanasas), xilanasas y enzimas asociados, fitasas, proteasas, lipasas y galactosidasas (**Cuadro I**).

Esta revisión se centrará en tres tipos principales de dichos enzimas: celulasas, fitasas y proteasas, además de intentar profundizar en aspectos y aplicaciones no tan conocidas de los mismos.

Enzimas	Sustrato	Función	Beneficios de uso
β -glucanasas	cebada, avena	Reducir la viscosidad	Mejorar la digestión y uso de nutrientes
Xilanasas	trigo, centeno, triticale, arroz	Reducir la viscosidad (\pm ?)	Mejorar la digestión y uso de nutrientes
β -galactosidasas	cereales, leguminosas, altramuces	Reducir la viscosidad (\pm ?)	Mejorar la digestión y uso de nutrientes
Fitasas	Ingredientes vegetales	Liberación de P del fitato	Absorción mejorada de Fósforo
Proteasas	Proteínas	Hidrólisis de proteína	Digestión mejorada de proteína
Lipasas	Lípidos	Hidrólisis de grasa	Uso en animales jóvenes
Amlasas	Almidón	Hidrólisis de almidón	Suplemento de amilasa en animales jóvenes

Cuadro I. Enzimas de uso en la industria alimentaria.

Los enzimas en la industria alimentaria han sido mayoritariamente utilizados para su aplicación en aves y, en menor grado, para cerdos, a fin de neutralizar los efectos de los polisacáridos no amiláceos, de características viscosas, presentes en cereales tales como cebada, trigo, centeno y triticale. Estos carbohidratos antinutritivos son indeseables, pues incrementan la viscosidad de la digesta y reducen la digestión y absorción de todos los nutrientes de la dieta, especialmente de la grasa y de la proteína.

Recientemente, se ha despertado un considerable interés por el uso de la fitasa como aditivo alimentario, pues no tan sólo incrementa la disponibilidad del fósforo presente en forma fítica en los vegetales, sino que también permite reducir la contaminación ambiental mediante una disminución de la excreción de este mineral por las heces.



Rápido

**retorno
a los
parámetros
productivos
normales**

Certero

**máxima
concentración
en tejidos
diana**

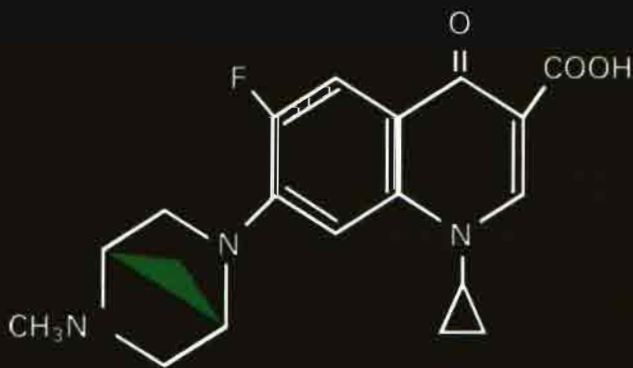
Licencia para curar

**altas tasas
de curación
en procesos
entéricos y
respiratorios**

(Danofloxacin)

ADVOCIN*

**El Anti-infeccioso
Rápido y Certero
con Licencia para Curar**



**Período de retirada
ultracorto (tres días)**



por *P. multocida* y *A. Pleuropneumoniae* y tratamiento de las infecciones entéricas provocadas por *E. coli*. **Administración:** vía intramuscular. **Dosis:** 1 ml por cada 20 Kg tres veces con un intervalo de 24 horas. el tratamiento puede ampliarse por un período adicional de dos días, cerdos de más de 100 Kg la dosis debe dividirse de forma que no se administren más de 5 ml en un mismo punto de aplicación. **Tiempo de espera:** porcino, cerna 3 días. **Precauciones:** utilizar equipo de inyección estéril, lavarse las manos después de la utilización del producto, almacenar por debajo de 28° C. **Presentación:** producto para uso veterinario, mantener fuera del alcance de los niños. **Dispensación:** con receta veterinaria. **Presentación:** viales de 50 y 100 ml. **N° de registro:** 1243 ESP

*Marca Registrada de PFIZER Inc. para el Mesclado de Danofloxacin



Salud Animal

Avenida de Europa, 20-B
Parque Empresarial La Moraleja
28108 Alcobendas Madrid

www.pfizer.es

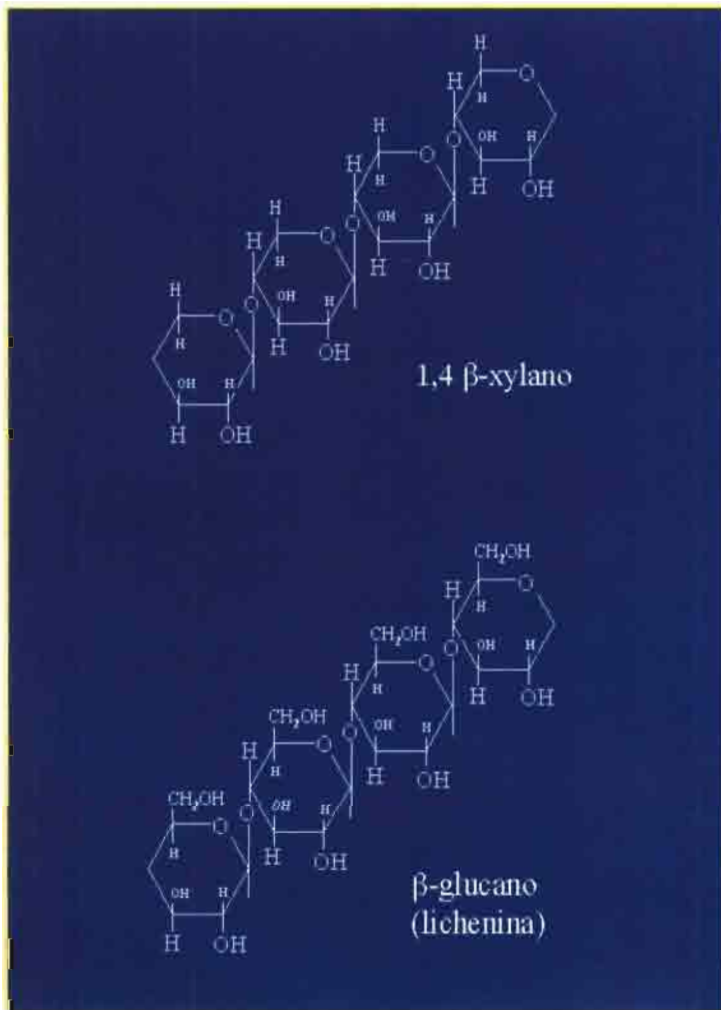


Figura 1.-

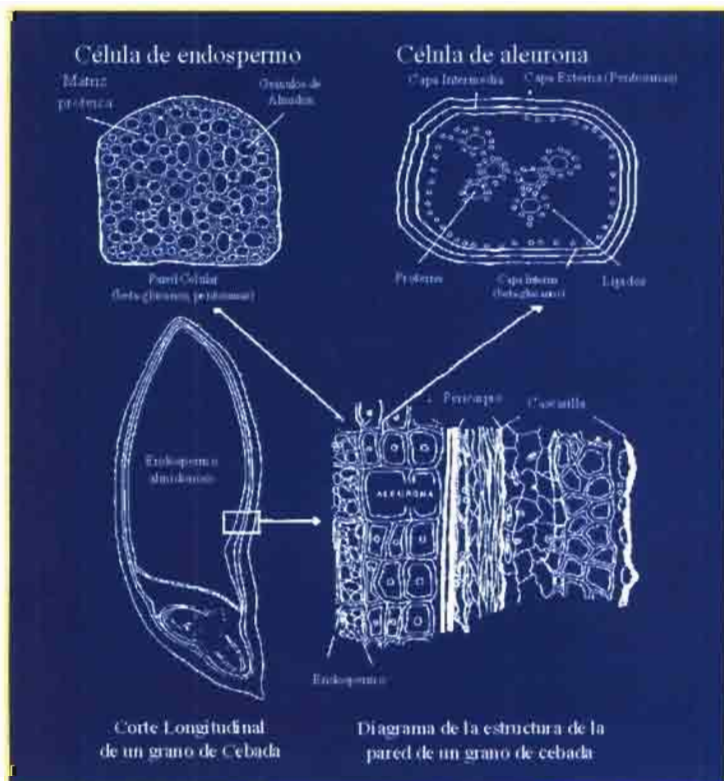


Figura 2.-

Otros enzimas actualmente producidos están siendo evaluados por la industria de piensos compuestos, incluyendo la utilización de proteasas para mejorar la digestión proteica, lipasas para mejorar la digestión lipídica, beta-galactosidasas para neutralizar ciertos factores antinutricionales en ingredientes distintos de los cereales y amilasas para ayudar a la digestión del almidón en lechones destetados precozmente.

Limitaciones de los enzimas digestivos propias de las aves

Entre los carbohidratos presentes en los ingredientes que componen los piensos compuestos, el almidón es el más importante, pues constituye una fuente de energía de muy fácil digestión. Además del almidón, los carbohidratos también incluyen macromoléculas tales como celulosas, hemicelulosas y pectinas. Estas moléculas son de difícil o casi imposible digestión por parte de las aves, y se clasifican como Polisacáridos No Amiláceos (NSP, Non-starch Polysaccharide).

La razón de esta pobre digestibilidad se explica porque las aves no producen las enzimas necesarias para degradar los NSP. A diferencia de los rumiantes, las aves no poseen enzimas de origen microbiano en el proventrículo, molleja, ni en los distintos tramos del intestino delgado que permitan la digestión de los NSP. Estos enzimas tan sólo son elaborados por la microflora del intestino grueso, cuando la absorción de los nutrientes ya ha tenido lugar.

Esta reducida digestibilidad limita la inclusión de NSP en los piensos, pues altera el crecimiento del animal, aparte de comportar peculiaridades negativas sobre la calidad de la yacija y de la canal. Si no fuera por estas limitaciones fisiológicas, dietas con elevados contenidos en NSP (cebada, trigo, triticale, avena y centeno) constituirían claras oportunidades en el concepto de coste-eficacia para su utilización en la industria avícola.

La única manera actualmente disponible para superar estas limitaciones fisiológicas es añadiendo las enzimas adecuadas en el pienso. El uso de enzimas permite la utilización de piensos con un mayor contenido en NSP, así como mejorar el rendimiento productivo del animal.

Los NSP como factores antinutricionales en las aves: beta-glucanos y beta-xilanos

Los factores antinutricionales son, por definición, compuestos presentes en el pienso o materias primas que limitan la disponibilidad de los nutrientes y, por tanto, afectan al rendimiento del animal de manera adversa. Su concentración puede variar mucho de un pienso a otro y viene determinada por el contenido de cereales (trigo, cebada, centeno, avena, triticale) y de leguminosas en el pienso.

Los factores antinutricionales cuantitativamente más importantes de los cereales son los polisacáridos no amiláceos. Estos forman un grupo muy amplio y extremadamente heterogéneo desde el punto de vista químico, compartiendo la característica común de viscosidad e hidrosolubilidad (Annison y Choct, 1991; Campbell y Bedford, 1992; Jeroch et al., 1995).

La mayoría de los NSP son carbohidratos presentes en la pared celular. Dos NSP juegan un papel importante en la alimentación aviar: los arabinosilanos y los beta-glucanos. Estos compuestos están presentes en cebada y avena (β-glucanos) y en trigo, centeno y triticale (arabinosilanos, o pentosanos), principalmente en el endospermo y en la aleurona, tal y como se puede observar en la **figura 2**. Algunas estirpes de soja también se han revelado poseedoras de este tipo de polisacáridos. Los β-glucanos y pentosanos (beta-xilanos) mayoritarios poseen la

estructura química adjunta (Figura 1).

Estos β -glucanos y pentosanos son indigestibles por los enzimas endógenos de aves y cerdos, generando una serie de problemas que son mencionados más adelante. Los β -glucanos constituyen la clase más abundante de polisacáridos naturales dada la elevada presencia en la naturaleza del 1,4- β -glucano, la celulosa. Sin embargo, muchos otros β -glucanos son también producidos por microorganismos y por organismos vegetales superiores. Los glucanos son homopolímeros de D-glucosa unidos en una configuración beta. Algunos son moléculas relativamente simples consistentes en cadenas lineales de unidades de glucosa unidos por un enlace simple. Otros consisten en una variedad de enlaces en cadenas lineales o ramificadas. Los tipos de enlaces de estos beta-glucanos incluyen uniones 1,4- β ; 1,3- β ; 1,6- β ; 1,3- β y 1,6- β ; 1,3- β y 1,4- β ; y 1,2- β y 1,4- β .

El contenido de NSP, así como su estructura química en los diferentes tipos de cereales no es constante. En función de la variedad, del tipo de cultivo y del tiempo de almacenaje, el contenido en beta-glucanos y pentosanos varía significativamente entre los distintos lotes de cebada o de trigo.

En general, el contenido en NSP es superior en cereales recién cosechados que en cereales almacenados. Así, el contenido de carbohidratos NSP en un cereal también dependerá del método de aislamiento, variedad, suelo, clima, prácticas agrónomas y de un sinnúmero de factores incontrolables. Esto ocasiona gran incertidumbre entre los fabricantes de pienso en cuanto al contenido de NSP y, en consecuencia, de la disponibilidad de nutrientes de cada nueva partida de cereales.

Un contenido promedio de arabinosa, xilosa y glucosa de los NSP de distintos cereales se presenta en el cuadro II. Específicamente, parece existir una elevada correlación entre la cantidad de pentosanos solubles (o beta-xilanos) en cereales y la viscosidad del extracto de la digesta. El tipo concreto de pentosanos (Bengtsson et al., 1992) también afecta a las características de viscosidad de dichos compuestos.

Efectos negativos de los NSP en los procesos digestivos de monogástricos

Los β -glucanos y pentosanos impiden la correcta digestión y absorción de los nutrientes presentes en el pienso, en el estómago y en el intestino delgado, mediante diferentes mecanismos.

Estos NSP, constituyentes importantes de la pared celular, retienen en el interior de la célula vegetal nutrientes de fácil digestión, dificultando el acceso de las enzimas digestivas al interior (efecto jaula). Este hecho limita de forma significativa la Energía Metabolizable Aparente de ciertos cereales, estando ambos factores muy correlacionados de forma negativa.

Además, altos niveles de NSP afectan también de manera adversa la digestibilidad de grasas y proteínas. En consecuencia, los animales experimentarán un inferior crecimiento y un peor índice de conversión.

Debido a la facilidad de absorción de agua e hinchamiento (son nutrientes higroscópicos), los NSP forman geles en el tracto digestivo. Esta propiedad de los NSP comporta un incremento en la viscosidad del contenido intestinal, que redundará en un enlentecimiento del tránsito del bolo digestivo y en un menor consumo de pienso. Así, se retarda el aporte de nutrientes y se facilita, a su vez, el paso de microorganismos patógenos del intestino grueso al intestino delgado.

Una elevada viscosidad reduce la eficacia de las enzimas digestivas endógenas, debido a que se dificulta su

acceso al substrato. Finalmente, una alta viscosidad también conllevará un mayor consumo de agua. La consecuencia directa será un menor crecimiento, un peor índice de conversión, camas sucias, mala calidad de la canal y mayor cantidad de huevos sucios.

La aplicación de enzimas β -glucanasas y β -xilanasas en el pienso, especialmente en dietas que contengan trigo, cebada y centeno (se han probado inefectivas en dietas en base a maíz, dada la práctica ausencia de NSP), no sólo mejoran la disponibilidad de nutrientes de estas dietas, sino que también conllevará otros beneficios (Cuadro IV).

Es prácticamente innecesario recordar el hecho de que la industria de piensos formula sus dietas en base a máximo nivel de nutrientes vs. mínimo coste. Bajo estas condiciones, el precio

Monosacárido (mg/ g)	Trigo	Centeno	Triticale	Cebada	Avena
Arabinosa	238	254	281	66	81
Xilosa	264	364	267	75	63
glucosa	43	55	34	481	443
Otros	135	46	91	29	53
Total	680	719	673	651	640
Viscosidad (dl/ g)	1,7	5,9	4,0	4,5	3,1
Relativa depresión del crecimiento	+	+++	+(+)	++	++

Tabla adaptada de Girhammar y Nair (1992)

Cuadro II. Contenido promedio de los NPS de distintos cereales.

Nombre común	Nombre sistemático	Acción
Celulasa	1,4-(1,3;1,4)- β -D-glucano 4-glucanohidrolasa	Endohidrólisis de uniones 1,4 en celulosa y β -D-glucanos conteniendo enlaces 1,3 y 1,4
Laminarinasa	1,4-(1,3;1,4)- β -D-glucano 3(4)-glucanohidrolasa	Endohidrólisis de uniones 1,3 o 1,4 en β -D-glucanos cuando el residuo de glucosa cuyo grupo reductor está implicado en el enlace a ser hidrolizado es sustituido en el Carbono 3
β -glucosidasa	β -D-glucosida glucanohidrolasa	Hidrólisis de terminales glucosil no reductores β -D con la liberación de β -D-glucosa
Endo-1,3- β -glucanasa	1,3- β -D-glucano glucanohidrolasa	Endohidrólisis de uniones 1,3 en 1,3- β -D-glucanos
Exo-1,3- β -glucanasa	1,3- β -D-glucano glucanohidrolasa	Exohidrólisis de uniones 1,3 en 1,3- β -D-glucanos, con la liberación de β -D-glucosa
Endo-1,2- β -glucanasa	1,2- β -D-glucano glucanohidrolasa	Endohidrólisis de uniones 1,2 en 1,2- β -D-glucanos
Lichenasa	1,3-1,4- β -D-glucano 4-glucanohidrolasa	Endohidrólisis de uniones 1,4 en β -D-glucanos conteniendo enlaces 1,3 y 1,4
Exo-1,4- β -glucanasa	1,4- β -D-glucano glucanohidrolasa	Exohidrólisis de uniones 1,4 en 1,4- β -glucanos
Endo-1,6- β -glucanasa	1,6- β -D-glucano glucanohidrolasa	Endohidrólisis de uniones 1,6 en 1,6- β -glucanos

Fuente: Adaptado de Pitson et al. (1993)

Cuadro III. Nomenclatura y acción de enzimas con actividad beta-glucanasa.

del cereal y el contenido en nutrientes determinará si un cereal entra o no en la formulación realizada por el programa utilizado.

Con la introducción de los enzimas, los nutrólogos deberían ser capaces de liberar más nutrientes a partir de determinados cereales, haciéndolos más competitivos en comparación con el cereal de referencia: el maíz. Se ha sugerido que la suplementación con enzimas de una dieta en base a trigo podría incrementar la energía disponible de dicha dieta en una proporción del 6 al 8%, redundando en mejoras similares en cuanto a ganancia diaria de peso e índice de conversión de los animales, en comparación con las dietas en base a trigo no suplementadas enzimáticamente.

Mejoras sobre la sanidad animal

Respecto al último punto mencionado en el **cuadro IV**, la influencia sobre la flora microbiana intestinal, una disminución en la morbilidad de enfermedades gastrointestinales tales como

- Digestión y absorción mejorada de nutrientes, especialmente de grasa y proteína
- Mejora del valor en Energía Metabolizable aparente de la dieta
- Incremento en el consumo de pienso, ganancia de peso y mejora del índice de conversión
- Disminución de la proporción del tracto gastrointestinal
- Reducción en el consumo de agua
- Reducción en el contenido de agua de las heces
- Reducción en la producción de amoníaco en las heces
- Reducción en la producción total de heces, incluyendo una reducción en el contenido de Nitrógeno y Fósforo
- Reducción en el contenido de sales biliares en las heces
- Estabilización microbiológica del tracto gastrointestinal

Cuadro IV. Beneficios obtenidos por la inclusión de enzimas en piensos de aves.

disentería porcina y acidosis en rumiantes y caballos puede ser considerada como otro de los beneficios de la inclusión de enzimas en las dietas animales.

El mecanismo de acción por el cual estas enfermedades pueden ser controladas está relacionado igualmente a la digestión de NSP. Un incremento en la fermentación de NSP en el intestino grueso está directamente ligado al desarrollo de las espiroquetas que actúan como agentes etiológicos de la disentería porcina. Reducir este contenido de NSP mediante la inclusión de enzimas en el pienso ofrece una alternativa a la ineficiencia de la aplicación de técnicas de floculación de la cebada y del trigo: así, se ha demostrado una reducción en la producción de ácidos grasos de cadena corta en el ciego, colon y recto mediante la adición de β -glucanasas a una dieta para cerdos en base a cebada (Inbarr et al., 1995).

En rumiantes, la absorción de glucosa en el intestino puede mejorar de forma muy marcada la síntesis de grasa y las reservas de glucógeno. La fermentación de almidón en el estómago puede conllevar, sin embargo, significativas alteraciones clínicas y subclínicas tanto en rumiantes como en équidos.

Afecciones secundarias incluyen la aparición de laminitis y una pobre utilización de los minerales presentes en la dieta. Estas afecciones alteran significativamente el bienestar del ani-

mal, la productividad y el manejo de residuos.

La naturaleza y cantidad del almidón y de los componentes fibrosos ejerce, pues, una importante influencia sobre la digestión y la fermentación de los carbohidratos aportados, así como sobre la localización dentro del estómago donde tienen lugar estos procesos.

Pese a que el uso de enzimas en rumiantes y caballos no está extendido, la manipulación de la digestión de los carbohidratos en estas especies puede representar un importante beneficio oculto para los usuarios de enzimas en un futuro cercano.

Los efectos que la microflora intestinal de los pollos ejerce sobre distintos aspectos de la nutrición del animal no están muy bien definidos. Una fermentación excesiva en el intestino delgado puede interferir con los procesos fisiológicos normales de digestión de nutrientes.

Si ha sido previamente demostrado cómo la adición de antibióticos a dietas de pollos broiler con un elevado contenido en NSP altamente solubles mejora de forma significativa el rendimiento zootécnico de los animales (Misir y Marquardt, 1978). Elevados niveles de NSP solubles presentes de forma intacta en el intestino incrementan la actividad de microorganismos fermentativos en el intestino delgado, con los detrimentos que esto conlleva en el animal. La suplementación de xilanasas elimina ampliamente las fermentaciones de estos NSP en el intestino delgado y mejora los rendimientos zootécnicos de las aves, en general.

Un cambio repentino de la flora intestinal (de una flora aeróbica o anaeróbica facultativa a una estrictamente anaeróbica) puede inducir la aparición de un estrés gastrointestinal y afectar severamente los procesos fisiológicos normales.

La coccidiosis también puede prevenirse -o, en cierta forma, presentar una inferior morbilidad y virulencia- mediante la inclusión de enzimas en las dietas (Morgan y Bedford, 1995). Aves alimentadas con una dieta en base a trigo con o sin suplementación de beta-glucanasas demostraron una gran amplitud en las diferentes respuestas a una exposición a la coccidiosis: así, mientras que el grupo control sufría una disminución del crecimiento de hasta el 52.2%, el grupo tratado experimentó una depresión del 30.5%, además de presentar una inferior proporción de lesiones y de gravedad de las mismas.

Un incremento en el ratio de paso de la digesta y una reducción en la excreción de la humedad están asociadas al uso de glucanasas en las dietas, lo cual actúa en detrimento del ciclo de vida del microorganismo.

Fitasa

Uno de los enzimas que más interés han despertado durante la última década ha sido la fitasa. Esta enzima incrementa la utilización del fósforo ligado a fitatos. Casi dos tercios del fósforo en ingredientes vegetales para cerdos y aves está en forma de sales del ácido fítico (hexaquisfosfatos de mioinositol, fitatos), que no son muy solubles y que son de digestibilidad generalmente limitada. El nivel de fitatos fosfóricos en los piensos generalmente depende de la parte de la planta de la que este ingrediente se ha obtenido. Las harinas de oleaginosas y los subproductos de cereales contienen niveles elevados de fitatos fosfóricos, mientras que los cereales y los granos de leguminosas contienen unas cantidades inferiores (Ravindran et al., 1995).

Actualmente, se ha puesto de manifiesto la necesidad cada vez más urgente de mejorar la disponibilidad del fósforo fítico presente en el maíz, dado que éste aporta aprox. el 50 a 75% del fósforo de la dieta, siendo tan sólo asimilable una fracción cercana al 15 a 18%. El **cuadro V** muestra un contenido aproximado fitato fosfórico de diferentes ingredientes habituales en los piensos.

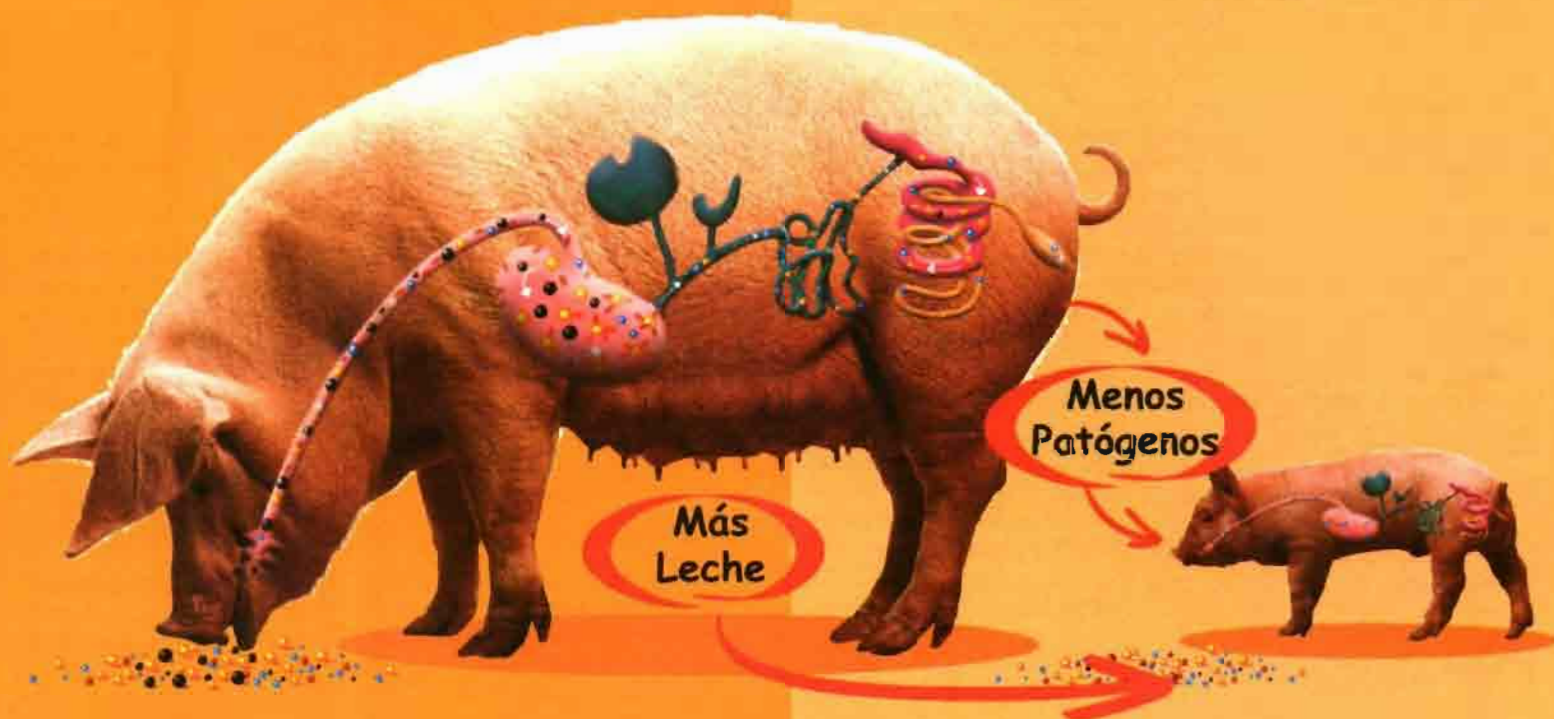
BIOSAF®

CONCENTRADO DE LEVADURAS VIVAS



*¡Cerdas en
Plena forma!*

*¡Lechones que
Crecen fuertes!*



**Nos encontrará en EXPOAVJGA 2000
Pabellón 2 - Stand H823**



Fabricado por:
S.I. LESAFFRE
137 Rue Gabriel Péri - BP 3029
59703 Marcq-en-Baroeul - FRANCIA
Tel. +33-032 0816100 - Fax: +33-032 0892025



Distribuido en España por:
EUROTEC NUTRITION, S.L.
C/Uruguay, 31 - 1ª - 28016 Madrid - ESPAÑA
Tel. +34-915 198 638 - Fax: +34-914 164 401
Email: eurotec@eurotec-nutrition.com

Dossier *aditivos en alimentación*

La disponibilidad del fósforo ligado a fitatos por parte de las aves se ha determinado desde 0% (Nelson, 1976) a más del 50% (Edwards, 1993). Así, se ha sugerido cómo la disponibilidad de este nutriente depende del nivel de Calcio de la dieta, del tipo de ingrediente, del nivel de fósforo inorgánico, edad del animal y del nivel de vitamina D3.

Los principales inconvenientes de utilizar una dieta rica en fósforo fítico en raciones para cerdos y aves se puede ver sumariada en que la dieta ha de ser suplementada con fósforo inorgánico; que se excreta una elevada proporción de fósforo con las heces; y que los fitatos pueden ligarse a otros iones metálicos presentes en la dieta (Calcio, Magnesio, Zinc, Hierro), con los consiguientes problemas nutricionales que esto conlleva.

En cerdos y aves, el fósforo fítico debe ser hidrolizado a seis fosfatos inorgánicos más inositol. Los enzimas capaces de hidrolizar los fitatos están ampliamente distribuidos en microorganismos, plantas y animales. Dos fitasas son reconocidas (IUPAC-IUB 1976): 3-fitasa (EC 2.1.3.8), que hidroliza el enlace éster en posición 3, primero, y la 6-fitasa (EC 3.1.3.26), que hidroliza en primer lugar el fosfato presente en la posición 6). Ambas fitasas hidrolizan finalmente los seis fosfatos presentes en la molécula.

La degradación del fitato en el tracto digestivo puede ser llevada a cabo por fitasas intestinales, fitasas producidas por microorganismos residentes en el intestino y por la propia actividad fitasa endógena presente en el pienso. Los bajos niveles reportados de disponibilidad de fósforo fítico demuestran a todas luces cómo la fitasa intestinal y microbiana son de poca importancia, al menos en aves jóvenes. La fitasa endógena de los piensos ha sido probada desde hace tiempo como parcialmente responsable de la hidrólisis de fósforo orgánico.

El **cuadro VI** permite observar un nivel promedio de actividad fitasa presente en distintos ingredientes vegetales. Sin embargo, el pH óptimo para la actividad de este enzima está en el rango de 4,0 a 6,0, pese a que aún se observa cierta efectividad a pH 3,0. Condiciones extremadamente ácidas (1,0 a 2,5, como las presentes en el proventrículo y molleja, donde la solubilidad del fitato es elevada) comportarán una más que probable destrucción de una elevada cantidad de enzimas. La fitasa endógena es termolábil y rápidamente inactivada a 70-80 °C, temperaturas generalmente alcanzadas en el procesamiento de los piensos.

Así, a fin de mejorar la utilización de los fitatos de las materias primas, una búsqueda extensiva se ha llevado a cabo en el

uso de la fitasa microbiana, activa a un amplio rango de pH (2,5 a 5,5) y mucho más termostable.

La capacidad de la fitasa de mejorar la diges-

tión del fósforo ligado a fitatos y por tanto de reducir la excreción de fósforo al medio ambiente ha atraído a gran parte de la comunidad científica y ha obtenido su respuesta a nivel comercial, dados los logros conseguidos en este campo.

Suplementar las dietas de cerdos con 500 uds actividad fitasa/kg pienso permite un incremento de la digestibilidad del fósforo del 44,2% al 52,4% (incremento del 17%). Suplementar las dietas de lechones con 1.500 uds. actividad/kg pienso también mejoró significativamente la ganancia de peso (de 424 g/d a 529 g/d) y el índice de conversión (de 1,65 a 1,52) (Jongbloed et al., 1993).

En aves, el uso de fitasa añadido a las dietas de ponedoras ha demostrado un incremento en la producción de huevos y efectos positivos sobre el peso del huevo, en la dureza de la cáscara y en el contenido mineral del hueso (Simons y Versteegh, 1993).

Subproductos de cereales, tales como salvado de arroz, son de frecuente utilización en países de Asia. Sin embargo, su uso rutinario en las dietas de monogástrico está limitado por la presencia de elevados niveles de NSP y de fitatos. El suplemento de las dietas de patos con fitasa microbiana (Martin, 1995) permite el uso de salvado de arroz hasta niveles de inclusión del 60% en la dieta sin efectos negativos en los parámetros zootécnicos. La excreción de fósforo pudo reducirse en casi un 10% y también se registraron disminuciones significativas en la excreción de Manganeso, Cobre y Zinc.

Proteasas

En distintos países del mundo, la utilización de subproductos de soja, algodón y colza comporta graves problemas de digestibilidad de dichos ingredientes (referidos como 70, 50 y <50%, respectivamente) La pobre utilización de la proteína de los mismos está relacionada a su estructura. La suplementación enzimática debería mejorar la utilización global de aminoácidos, incluyendo la de la metionina (10 a 28%), lisina (10 a 40%) y cisteína (14%). Si la eficiencia de utilización de la soja es mejorada en una proporción de un mínimo del 10%, esto supone un ahorro global de utilización de ingredientes y de aminoácidos a incluir en la dieta.

Estudios en profundidad deben ser llevados a cabo para poder garantizar la efectividad de utilización de estos complementos enzimáticos.

Problemas asociados a la utilización de enzimas en los piensos

El uso de enzimas incorporados en la dieta de aves, cerdos y rumiantes ha permitido la consecución de distintos logros a nivel de digestibilidad de materias primas hasta ahora limitadas por su elevado contenido en polisacáridos no amiláceos. Los resultados positivos obtenidos por la utilización de celulasas son especialmente obvios en la industria aviar, aunque aparecen en cierta forma más limitados en la industria porcina, desde el momento en que tales enzimas están principalmente orientados a las tres semanas postdetete.

Sin embargo, dado que pequeñas mejoras en índices de conversión repercuten en importantes ahorros económicos, un especial énfasis debería realizarse para potenciar su estudio y aplicación en las fases de crecimiento y engorde, donde es consumido el 65% de todo el pienso.

Uno de los principales problemas que puede comportar el uso de enzimas endógenos cuando se aplican para digerir componentes de la pared vegetal de distintos ingredientes es que estos enzimas poseen sustratos específicos. Su aplicación permitirá la degradación de polisacáridos en una cierta proporción.

	Fósforo fítico (g/100 g MS)	Fósforo fítico (% del total)
cereales		
maíz	0,24	72
trigo	0,27	69
cebada	0,27	64
sorgo	0,24	66
arroz (entero)	0,27	77
leguminosas		
guisante	0,24	50
oleaginosas		
soja	0,39	60
colza	0,70	59
girasol	0,89	77

Tabla adaptada de Ravindran et al (1995)

Cuadro V.

	actividad fitasa (uds/ kg ingred)
trigo	1193
cebada	582
centeno	5130
maíz	15
salvado de arroz	122
altramuz	0
harina de soja	8
harina de colza	16

adaptado de Eeckhout y De Paep (1994)

Cuadro VI.



Sin embargo, la mayoría de polisacáridos dietéticos fibrosos son componentes de la pared celular fuertemente asociados con otros polisacáridos o con proteínas y lignina.

Actualmente, es difícil diseñar una mezcla efectiva de enzimas que digiera paredes celulares, pues su sustrato es poco claro y puede ser muy variable según la materia prima utilizada. Las implicaciones estructurales y físicoquímicas del sustrato polisacárido pueden ser determinadas por dos factores: el patrón por el que los polisacáridos y otros componentes están ordenados; y el enlace por el que están ligadas las moléculas. La degrada-

ción de estos compuestos complejos e insolubles probablemente requiere de la aplicación de múltiples enzimas.

Los productores comerciales de enzimas han sido responsables del desarrollo y producción de sistemas multienzimáticos. Sin embargo, un superior esfuerzo investigador será necesario para producir preparaciones enzimáticas más rentables y eficaces.

Otro problema ligado a la efectividad de los enzimas es el efecto que el pelletizado y otros tipos de procesado, así como las condiciones en el tracto digestivo, ejercen sobre la estabilidad de las preparaciones enzimáticas.

Pese a que los formuladores tomarán medidas para proteger los enzimas (mediante la selección de cepas microbianas específicas, mejorando técnicas de producción y proviendo de un excipiente sobre el que los enzimas puedan ligarse e inmovilizarse), un procesado agresivo puede dañar seriamente la actividad enzimática del preparado aplicado.

Por ejemplo, la recuperación de β -glucanasa descendió del 56% al 31% cuando la aplicación de un tiempo de acondicionamiento varió de 15 segundos a 15 minutos a 85 °C, y disminuyó del 16% al 11% a 95 °C (Inborr y Bedford, 1994). Además, los métodos para monitorizar la actividad enzimática son problemáticos, pues existen tantos métodos como productores enzimáticos, y las mediciones de la actividad enzimática en piensos son generalmente poco fiables y sujetas a elevadas variaciones como resultado de bajas concentraciones enzimáticas y de una relativamente pobre recuperación de desorción.

Así, es importante promover un desarrollo de métodos fiables y consistentes para el control de la calidad y la puntuación de los productos ofrecidos a granjas y fábricas de piensos.

¿Problemas con grasas saturadas? ¡Use Bredol!



La poderosa acción emulsionante de Bredol rompe la grasa en partículas finas y más fácilmente digestibles. Junto a las propiedades de humectabilidad, solubilización y poder antiespumante nuestros productos ofrecen soluciones a ciertos problemas de alimentación y mejoran los índices productivos, beneficios largamente conocidos en el campo de los lactoreemplazantes.

Nuestra continua investigación y la resolución de problemas en cooperación con nuestros clientes han conducido a mejoras en campos tales como la tecnología de fabricación de pienso, sistemas húmedos de alimentación, mezclas de grasa/melaza y emulsiones de vitaminas. Un ejemplo del éxito de nuestro método de trabajo es la mejora de la digestibilidad de las grasas saturadas en el pienso. No dude en transmitirnos sus inquietudes. Juntos encontraremos una solución.



Una demostración del efecto inmediato de Bredol sobre la grasa en agua. Acción emulsionante de Bredol.