

Alimentación

Influencia de la adición de enzimas sobre el valor nutritivo de las raciones en la alimentación aviar

Dr. A. Brenes

(XXIX Symp. de la Sección Española de la WPSA, Salamanca, 17-19 junio de 1992)

Aunque las enzimas de origen bacteriano fueron utilizadas en las raciones para las aves durante los años 50, con su administración sólo se consiguieron resultados variables y generalmente con una escasa respuesta productiva. Esto primordialmente se debió a que en el pasado estos preparados enzimáticos poseían una reducida actividad en enzimas hidrolíticos y una limitada termoestabilidad. Muchos de estos preparados provenían de la industria de los detergentes, bebidas y alimentos, siendo formulados y dirigidos para cumplir las necesidades específicas de estas industrias. Actualmente y debido a que existe una incrementada disponibilidad de enzimas comerciales en cantidad y precio y a que se ha empezado a estudiar su naturaleza, su mecanismo de acción y especialmente la interacción enzima-substrato, se ha producido un inusitado interés en su uso por parte de los investigadores y especialistas en nutrición animal.

La utilización de estos preparados enzimáticos, desde hace muchos años, se ha concentrado en la mejora del valor nutritivo de los cereales. La participación de los cereales en las raciones para las aves es alta. Estos actúan principalmente como suministradores de energía y en menor medida de proteína. Sin embargo, existe una gran variación entre los distintos granos en cuanto a proveer energía para las aves. Basados sobre los valores en energía metabolizable, éstos pueden ordenarse de la siguiente forma: maíz, trigo, triticale, cebada, avena y centeno. En el pasado, la cebada,

avena y centeno nunca fueron extensivamente utilizados en las raciones para las aves debido a su bajo valor nutritivo atribuido a su contenido en fibra. En el caso especial de la cebada, la adición de enzimas ha permitido contrarrestar estos efectos negativos, hechos que han sido reconocidos en estos últimos 30 años -Fry y col., 1958; Willingham y col., 1959; Rickes y col., 1962-. Sin embargo, la explotación comercial de estos conocimientos no se ha hecho efectiva hasta esta última década, con el desarrollo de las preparaciones enzimáticas comerciales.

La base científica que justifica la adición de enzimas en las dietas basadas en los cereales -cebada, centeno, trigo, etc.- está relativamente bien estudiada mientras que su proyección en otras materias primas todavía está en vías de desarrollo o sin investigar. En este último sentido las investigaciones desarrolladas con ciertas leguminosas -guisantes y altramuz- son muy recientes -Brenes y col., 1992- abren un camino prometedor y de futura aplicación para el uso de las enzimas en nutrición animal.

El propósito de esta revisión es discutir y definir la teoría y aplicación de los enzimas utilizando distintos cereales y leguminosas en las raciones para las aves.

Factores antinutritivos presentes en los cereales. Estructura del substrato

La elección de un preparado enzimático debe estar basada en la naturaleza del substrato

que tiene que degradar. En el caso de los distintos cereales la presencia de ciertos polisacáridos no amiláceos β -glucanos y fructosanas- en los granos ha limitado su utilización en la alimentación de las aves.

Cebada y avena

La escasa utilización de la cebada en aves jóvenes se ha debido a la menor disponibilidad de ciertos carbohidratos presentes en este grano. Estos polisacáridos se localizan en el endospermo de las paredes celulares y son denominados β -glucanos. La concentración de estos polisacáridos puede oscilar desde 2 hasta 10% del peso total del grano -Wood, 1984.

La estructura y propiedades de los β -glucanos se han determinado primordialmente en muestras de cebada siendo similares en su composición química a los presentes en la avena y otros cereales. Los β -glucanos son polímeros de la glucosa formados por uniones B-(1-4) y B-(1-3) -Henry, 1985-. La presencia de las uniones B-(1-3) los hace diferentes de la estructura de la celulosa -1, 4- β -glucano-. Sin embargo se ha demostrado que la secuencia exacta de estas uniones varía considerablemente entre cebada y avena y aún entre los mismos cultivares de cebada -Edney y col., 1989-. Ambas fracciones solubles e insolubles de los β -glucanos son similares en su estructura química sugiriéndose que su solubilidad se relacione con el grado de asociación de ésta con las fracciones insolubles de la pared celular.

Las fracciones solubles son las que determinan el valor nutritivo de la cebada, sin embargo hay que reconocer que no hay una clara distinción entre fracciones solubles e insolubles ya que esta última puede también modificarse en condiciones extremas en el tracto gastrointestinal haciéndose solubles. Estos β -glucanos, por lo tanto, cuando son parcialmente solubilizados en el intestino crean un fluido intestinal viscoso que inhibe la difusión de los nutrientes, afecta la interacción substrato-enzimas endógenos, reduciendo el tránsito del alimento y produciendo en las aves la eliminación de heces viscosas -Hesselman y col., 1982; Hesselman y Aman, 1986; Campbell y col., 1986-. Por otra parte la carencia en las aves de enzimas endógenos necesarios para

la hidrólisis de estos β -glucanos hace que éstos circulen a través del tracto digestivo en forma intacta. Sólo hay que reconocer que pueden ser modificados por una actividad microbiana pero es de desconocida importancia en las aves.

Las variaciones en la concentración de β -glucanos se deben al cultivar y a las condiciones climáticas. Debido a estas modificaciones la respuesta en los parámetros productivos de las aves es bastante variable.

La avena al igual que la cebada contiene β -glucanos que pueden de igual forma tener un efecto negativo sobre el desarrollo de las aves -Campbell y col., 1986, 1987; Petterson y col., 1987; Edney y col., 1989-. Sin embargo muchas veces la administración de avena no afecta los parámetros productivos de las aves justificándose esto a la naturaleza y concentración en β -glucanos de la avena.

Centeno, trigo y triticale

El factor responsable de la escasa utilización del centeno, trigo y triticale en las dietas para las aves es una pentosana -arabinoxilana-, altamente viscosa y soluble en agua. Las características de las arabinoxilanas son similares a los β -glucanos en muchos aspectos. Ellas poseen un constituyente principal B-1-4 ligado con residuos de xilopiranosil y con sustituciones 1,2 y 1,3 de arabinofuranosil. Estas sustituciones son las responsables de que estas fracciones sean solubles en agua y sean altamente viscosas. Estos compuestos no son sólo indigestibles sino que también interfieren con la digestión de otros nutrientes. Fengler y Marquart -1986- y Choc y Annison -1990- demostraron que el aislamiento de pentosanas procedentes del centeno y del trigo y posteriormente añadidas a raciones producían un efecto negativo sobre los parámetros productivos de las aves.

Efectos antinutritivos producidos por los polisacáridos no amiláceos presentes en los cereales

Un factor muy importante a considerar son los mecanismos por los que el substrato influye el valor nutritivo del alimento y en nuestro caso particular el de los cereales. Los mecanismos

h **hibramer s.a.**

Con un equipo de
profesionales, le ofrece...

**LA MAS ALTA CALIDAD
EN AVICULTURA
DE PUESTA**



Gane más con:
IBERlay

HY-LINE
HUEVO BLANCO

IBERbraun

HY-LINE
HUEVO MORENO

hibramer s.a.

Apdo. 380 ★ Telf. 983-20 60 00 ★ Fax 30 63 30

Valladolid

La calidad incrementa beneficios

- Batería para Ponedoras
- Batería para Pollitos



Vista superior de una jaula de recría de pollitos. Altura ajustable para los bebederos automáticos de chupete y para los comederos.



Equipo de accionamiento de una batería para ponedoras con limpieza automática por cinta. Las jaulas FARMER-AUTOMATIC se suministran de 2 a 6 pisos incluyendo sistemas automáticos para la alimentación, bebida, recolección de huevos y limpieza.

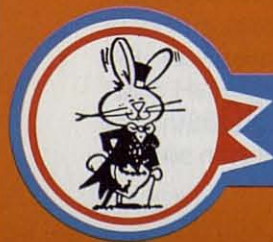


Vista frontal de una batería de ponedoras con puertas horizontales de plástico, bebederos de chupete de acero inoxidable y con tacita para eliminar la humedad producida por goteos, reduciendo la producción de amoníaco.



Producimos también jaulas con secado automático **TOTAL** de la gallinaza

AGENTE EXCLUSIVO PARA ESPAÑA



Masalles Comercial, s.a.

Balmes, 25. Tel. (93) 580 41 93 - Apartado de Correos, 63
Fax: (93) 691 97 55 - 08291 RIPOLLET (Barcelona)

por los que estos polisacáridos presentes en los cereales afectan su valor nutritivo no están completamente comprobados.

Después de la ingestión de cebada, centeno, etc. los β -glucanos y las pentosanas presentes en estos cereales se hacen solubles en el tracto digestivo produciéndose una mayor viscosidad de la digesta –Pawlick y col., 1990–. Este incremento en la viscosidad es considerado como el principal factor que influye sobre el valor nutritivo de estos cereales. Los β -glucanos y las pentosanas solubilizadas parecen actuar como una barrera a la difusión de los nutrientes limitando la velocidad de absorción de estos. Southon y col., –1987– sugieren que algunos carbohidratos viscosos interactúan con el epitelio de las células produciendo cambios morfológicos en la superficie intestinal de ratas. Trabajos realizados en nuestro laboratorio –Viveros y Brenes, 1992– confirman estas investigaciones demostrando que las aves alimentadas con raciones a base de cebada poseían alteraciones histológicas con un acortamiento y engrosamiento de las vellosidades, hipertrofia e hiperplasia de las células caliciformes y edema celular en el enterocito y la lámina propia. Estas manifestaciones podrían justificar por sí solas la alteración de los mecanismos de absorción en dichas aves.

Aparte de estos efectos la viscosidad también podría reducir la difusión de las enzimas endógenas y los substratos nutritivos y reducir la velocidad de paso del alimento. Esto último ha sido comprobado por Gohl y Gohl –1977– y Salih y col., –1991– en ratas y aves alimentadas con cebada. Estos cambios en el flujo de la digesta a través del tracto gastrointestinal, por otra parte, pueden afectar la población microbiana. La microflora intestinal, y especialmente el *Streptococcus faecium* –Campbell y col., 1983, a, b; Salih y col., 1991– ha estado implicado en la deconjugación de los ácidos biliares que podría contribuir a una menor absorción de las grasas que se observa en las aves alimentadas con cebada –Viveros y Brenes, 1982–. Este efecto negativo de los microorganismos es corroborado por el hecho de que existe una mejora en el crecimiento de las aves alimentadas con cebada cuando se suplementa antibióticos a las raciones –Moran y McGinnis, 1965; Classen y col., 1985.

La presencia de los β -glucanos y las

arabinosilanas pueden actuar como una barrera física que interfiere con la amilasa endógena y por esto reduce la utilización del almidón encapsulado dentro de las células del endospermo –Hesselman y Aman, 1986–. La hidrólisis de los β -glucanos por medio de la acción de la enzima β -glucanasa resulta en una mejora de la digestibilidad del almidón en el intestino delgado –Hesselman y Aman, 1986; Viveros y Brenes, 1992.

Aparte de todo este tipo de alteraciones los β -glucanos hacen que las aves eliminen heces líquidas que tienen un efecto adverso en el ambiente de las naves, con un incremento en la producción de camas húmedas y un aumento en la concentración de amoníaco. Estos hechos pueden causar en la explotación de los broilers problemas respiratorios, de patas y pechugas e indirectamente influir sobre la resistencia a otras enfermedades respiratorias. La producción de heces viscosas, por otro lado, podría incrementar la presencia de huevos sucios en ponedoras y una dificultad en la retirada y almacenamiento de las heces.

Hidrólisis de los β -glucanos y arabinosilanas

La hidrólisis de los β -glucanos y pentosanas es totalmente necesaria para poder eliminar o reducir la viscosidad del contenido gastrointestinal causado por estos componentes. La destrucción o degradación de éstos puede ser realizada por varios procedimientos: con la adición de enzimas conteniendo β -glucanos y/o pentosanasas de origen fúngico o bacteriano, por irradiación gamma o por tratamiento con agua de la cebada. Por el momento y por razones económicas la adición de enzimas es el método más aceptable. Aunque en el pasado el grado de respuesta de los enzimas fue muy variable, actualmente la respuesta es muy positiva cuando se toman precauciones para asegurar concentraciones adecuadas de las actividades enzimáticas correspondientes.

La mejora en los parámetros productivos por la suplementación del complejo enzimático en cebada y centeno primordialmente, no se debe a una completa hidrólisis de estas moléculas y a la absorción de los correspondientes monosacáridos, sino que probablemente pueda deberse a que con las condiciones impuestas

con la adición del enzima se permita una mayor y mejor utilización de nutrientes, especialmente almidón que incrementa la energía metabolizable de las raciones –Rotter y col., 1990; Viveros y Brenes, 1992–. Debe hacerse hincapié que en general todas las investigaciones que se realizaron con la adición de enzimas a raciones basadas en la cebada y el centeno se hicieron con complejos enzimáticos que contenían varias actividades. Así un producto que contiene xilanas probablemente contenga xiloxidasa, β -glucosasa, –amilasa, –arabinofuranosilasa y por supuesto la xilanas. La suplementación a las raciones con productos purificados ha llevado a resultados contradictorios sugiriendo que al menos alguna de las actividades extra son beneficiosas. Se sabe por ejemplo, que varias xilosas no substituídas se requieren para que la arabinoxilanas se una y rompa la cadena de las arabinoxilanas. Por lo tanto, la eliminación de las cadenas laterales de arabinosa por medio de –arabinofuranosidasa eliminará la actividad de la endoxilanas –Bedford, 1991.

FACTORES QUE AFECTAN LA REPUESTA ENZIMÁTICA

Estabilidad del enzima

Debido a que las enzimas son proteínas, por su estructura pueden ser fácilmente desnaturalizadas por calor, acidez, alcalinidad, por sustancias oxidativas y por un amplio rango de diferentes procesos. La estabilidad por lo tanto es una de las más importantes características que debe reunir una enzima para ser utilizada en la industria. Por otras razones, en el caso particular de la industria de los piensos compuestos, el control debe extenderse no sólo al producto puro, sino a posteriores premezclas y al producto terminado. De todas formas la medida de la actividad enzimática en el producto final es complicada debido a la presencia de enzimas naturales en las materias primas y por ende en la ración total que dificultan su exacta determinación.

Las enzimas son expuestas a situaciones extremas durante el procesado de los alimentos como son las altas temperaturas durante la granulación de las raciones. Se ha comprobado que aunque la actividad enzimática esté presente en un preparado, las características

ofrecidas por este pueden ser variables. Como ejemplo pueden ser las observaciones de Grotwassink y col., –1989– quienes observan que una enzima puede contener varias formas diferentes de pentosanas que poseen a su vez un distinto comportamiento dependiendo del tratamiento térmico a que se las someta. Por estas razones, debe realizarse la determinación de la actividad enzimática en el laboratorio antes de que sea aceptado como una fuente de enzima. En general temperaturas altas durante el proceso de granulación no deben ser recomendadas, al menos que se tenga evidencia de lo contrario por las características de la enzima recogidas en las instrucciones del proveedor.

La presencia de vitaminas, minerales y otros agentes oxidantes en las raciones normalmente no afectan la estabilidad de los enzimas –Inborr, 1990.

La estabilidad enzimática puede ser alcanzada por medio de excipientes que actúan como un substrato para que los enzimas puedan unirse. Enzimas que han sido apropiadamente estabilizadas pueden resistir temperaturas e incluso condiciones de acidez (pH, CIH) y de proteólisis –tripsina y pancreatina– –Clasen y col., 1991.

Experiencias en nuestro laboratorio demuestran que no hubo modificación en la actividad enzimática de una β -glucanasa cuando se sometió a tratamiento con autoclave a 90° C. Se observó una respuesta positiva con la adición de la enzima a raciones basadas en la cebada cuando se utilizaron broilers –Viveros y Brenes, 1992.

El uso de enzimas procedentes de microorganismos termofílicos es otra alternativa para producir enzimas con cierta estabilidad a distintas temperaturas –Schwarz y col., 1990.

En general, la mayoría de los enzimas utilizadas en alimentación animal son obtenidos de hongos ya que suelen tener un más amplio espectro de actividades y son mucho más estables que los enzimas de origen bacteriano. Sin embargo, mezclas de enzimas de origen fúngico y microbiano suelen ser más efectivas.

Variaciones en la concentración de substrato

Las variaciones en la concentración de los

substratos pueden estar influenciadas por el genotipo y el ambiente. Estos hechos han sido estudiados con más profundidad con la cebada y en los trabajos de Campbell y col., -1989- y Brufau y col., -1991- y que podrían ser extrapolados a otros cereales como trigo y centeno -Annison y Choct, 1991-. Se han observado variaciones regionales en el valor nutritivo de la cebada y que pueden ser atribuidas principalmente a efectos climáticos sobre la concentración de β -glucanos. También la humedad o las condiciones de sequía durante la maduración de la cosecha son factores incidentes que hacen modificar la concentración de los β -glucanos solubles y totales.

La observación de Campbell y col., -1989- cuando compararon diferentes cultivares de cebada con distintas concentraciones de β -glucanos solubles y referidas a su viscosidad, demostraban que la administración a los broilers de cebada de baja viscosidad permitía que éstos crecieran mejor que aquellos animales que consumieron la cebada de alta viscosidad. Comparaciones hechas con cebadas de alta y baja viscosidad con y sin la adición de enzimas demostraron que las cebadas de alta viscosidad fueron más eficaces a la suplementación enzimática que lo hicieron aquéllas con baja viscosidad, a pesar de que estas últimas también fueron significativamente mejoradas por la enzima. En general, la productividad de los broilers alimentados con los dos tipos de cebada era similar después de la adición del enzima, lo que demuestra la importancia del uso de enzimas porque reducen la variabilidad de la respuesta.

Edad de los animales

La producción de enzimas digestivas en el ave joven se desarrolla muy lentamente, manifestándose modificaciones y alteraciones con la edad en las distintas actividades enzimáticas, así como cambios en la morfología de la pared intestinal. En los primeros días de edad y debido a que la actividad de la lipasa va disminuyendo hasta los 10 días de edad y la anilasa y la tripsina se van a su vez reduciendo hasta los 5 primeros días -Nitsan y col., 1991-, se establece una inmadurez en el desarrollo del aparato digestivo y se predispone al animal a que la presencia de ciertos factores antinutritivos en los cereales y otras materias

primas produzcan un efecto adverso, que se hace más patente en estas edades. Los trabajos de Saliy y col., -1991- y Viveros y Brenes -1992- corroboran estos hechos y significan que el efecto negativo de la administración de cebadas con alta concentración de β -glucanos se produce en las primeras semanas de edad del animal. Determinaciones de la viscosidad intestinal eran mayores en los animales que consumieron cebada, no estando estos valores relacionados con la edad, sin embargo el tránsito era menor sólomente en los animales más jóvenes. Esto implica que el efecto negativo de la viscosidad estaba relacionado con el tránsito intestinal en las aves más jóvenes, siendo los animales a partir de las 4 semanas de edad capaces de transportar el material viscoso a través del tracto gastrointestinal. De todas formas, los resultados de Wiedher y Volker -1989-, Rotter y col., -1989- y Brufau y col., -1991- demostraron que la adición continuada de enzimas durante todo el período experimental -6 semanas- era mucho mejor que si se hacía durante 2 ó 4 semanas.

La capacidad de las aves para reducir la viscosidad de la digesta con la edad, indica que la acción de la β -glucanasa o pentosanasa no fuera necesaria en los animales adultos. Pero el hecho de que los valores de esta viscosidad son suficientes para producir heces viscosas y camas húmedas justifica la adición de enzimas hasta las 8 semanas de edad.

El uso de los enzimas en dietas para gallinas ponedoras no está totalmente definido ya que los resultados son muy contradictorios, aunque se han de considerar las ventajas de garantizar la eliminación de heces más consistentes y con ello reducir la aparición de huevos sucios.

Condiciones en el tracto gastrointestinal

En general los preparados enzimáticos no sólo están sujetos a situaciones extremas en el proceso de elaboración de las raciones, sino que también deben soportar el efecto del ph y la actuación de los enzimas proteolíticos endógenos producidos por el animal. Las diferentes formas de pentosanasas presentes en un complejo enzimático varían en su actividad en el ph, lo que justifica la importancia del medio en donde se encuentra -Grotwassink y col., 1989.

Está muy bien definida la evolución del pH del tracto gastrointestinal en los distintos tramos del aparato digestivo. Las condiciones de temperatura y pH están predeterminadas por el ave y no pueden por ello ser modificadas y ajustadas a las propiedades de los enzimas añadidos. La temperatura se mantiene en un valor constante –aproximadamente 40°C– y parece ser adecuado para favorecer la acción del enzima, aunque este valor esté por debajo del óptimo para enzimas procedentes de organismos mesófilos y substancialmente por debajo de los que se usan como enzimas termoestables. Las condiciones de pH no son constantes sino que poseen un amplio rango dependiendo de la naturaleza de la dieta y el lugar del tracto digestivo seleccionado. Estas situaciones complican la actuación de las enzimas exógenas a lo largo del tracto digestivo.

La utilización de mezclas de enzimas de origen fúngico y bacteriano podría ser ideal, ya que las condiciones ácidas encontradas en las porciones anteriores del tracto digestivo podrían favorecer la actuación de enzimas de tipo fúngico y las condiciones neutras halladas en las partes distales ayudar a aquéllas de origen bacteriano. No existe información sobre trabajos que investiguen sobre los lugares de acción de los complejos enzimáticos, probablemente podría sugerirse aquél que produce una previa hidrólisis de los polisacáridos o en general del substrato a través de los enzimas de origen fúngico en un medio ácido –tracto digestivo anterior–, seguidos por una reducción de los oligómeros o compuestos monoméricos llevado a cabo por enzimas con un óptimo pH neutro capaces de operar en la parte distal del tracto digestivo.

Efecto de los complejos enzimáticos sobre el valor nutritivo de materias primas proteicas

Las fuentes de proteína vegetal contienen substratos factibles de ser degradados por las enzimas. La estructura de la pared celular de estas materias primas difiere de los cereales en cuanto a la composición, ya que contiene cantidades elevadas de sustancias pécticas. Esta es la diferencia general entre los tipos de plantas monocotiledóneas –cereales– y dicotiledóneas –leguminosas–. La presencia a su vez de otra serie de carbohidratos, los alfa-

galactósidos, que no son hidrolizados en el intestino debido a la incapacidad en las aves para producir –galactosidasa, puede ser otro substrato posible de ser degradable. La adición de enzimas apropiadas podría hidrolizar estos carbohidratos incrementando el valor energético de las leguminosas así como mejorar el valor nutritivo de estos componentes de las raciones.

En general los enzimas comerciales proceden de un limitado número de géneros de bacterias y hongos, que ofrecen con ello un margen pequeño para manipular la composición de las preparaciones. Estos productos tienden a ser muy similares en términos de sus propiedades físicas y en la extensión a que ellos son capaces de hidrolizar un substrato establecido. La disponibilidad reciente de enzimas con actividad alpha–galactosidasa ha abierto las posibilidades de utilización a otras materias primas.

El efecto de la adición de enzimas en raciones maíz–soja ha sido muy variable responsabilizándose esta mejora, cuando existía a la degradación de ciertos carbohidratos no digestibles como los oligosacáridos. Las investigaciones también se han hecho extensivas a otras materias primas, tales como las habas –Castañón y Marquardt, 1989–. Con la inclusión de una variada gama de enzimas con distintas actividades se demostraba en general, que la adición de proteasa, celulasa y la combinación de ambas mejoraban los parámetros productivos de las aves.

En las investigaciones con guisantes que se recogen en los trabajos de Brenes y col., –1992– se demuestra que la adición de diferentes enzimas no logra mejorar el valor nutritivo de esta leguminosa. Sin embargo, en los estudios realizados con la semilla del altramuz –Brenes y col., 1991– se comprueba que la adición de enzimas tiene un efecto positivo con incrementos significativos en la ganancia de peso –10–15 %– y la eficacia alimenticia –5–10 %–. En posteriores experimentos, llevados a cabo por Brenes y col., –1992–, se demuestra que la digestibilidad de los oligosacáridos –rafinosa y estanquiosa– estaba incrementada significativamente en las dietas con altramuz. Además en un estudio con broilers hasta las 5 semanas de edad se comprobaba que la administración de enzimas a raciones con concentraciones de 45 % de semilla de altramuz,

(Continúa en página 819)