

## Utilización de enzimas en la alimentación de las aves

### Características y optimización de su uso

¿Qué son los enzimas?, ¿cómo se obtienen y cómo se pueden utilizar para una óptima alimentación de las aves? Son algunos de los interrogantes que se responden en este documentado trabajo (\*).

**J. M. DE LA FUENTE GARCIA. PEDRO PEREZ DE AYALA. ANTONIO FLORES. M.º JESUS VILLAMIDE**

Trouw Ibérica. Nordos España. Dpto. Prod. Animal E.T.S.I.A. (Madrid).

**D**urante las últimas décadas la producción animal ha sufrido un significativo avance sobre todo basado en mejora genética, control sanitario, manejo y nutrición.

Con respecto a los costes de producción, la alimentación representa entre el 60 y el 70% de estos, si además tenemos en cuenta que muchas de las materias primas empleadas en las dietas para monogástricos son alimentos también consumidos por la población humana, no cabe duda de la importancia del mayor aprovechamiento posible de éstos por los animales.

En los últimos años el desarrollo de métodos analíticos para la caracterización química de las materias primas ha permitido una mejor evaluación de su potencial nutritivo. En algunos ali-

mentos no se puede aprovechar todo su potencial nutritivo debido fundamentalmente a la presencia de factores antinutritivos, por otra parte la inclusión de algunas materias primas necesita ser limitada por problemas de salud para el animal o por problemas tecnológicos en la fabricación del pienso.

Conocidas las limitaciones del aprovechamiento de ciertos alimentos se trata de mejorar su disponibilidad mediante:

- Tratamientos mecánicos: molido, granulado, expandido, etc.
- Tratamientos físicos: calor y vapor de agua.
- Tratamientos químicos: adición de ácidos, hidróxidos o enzimas.

En este trabajo nos centraremos únicamente en uno de los tratamientos químicos que más atención está recibiendo últimamente, el empleo de enzimas. Si tenemos en cuenta que la

producción de pienso para pollos en España se cifra más o menos en 3.800.000 t y que el empleo de enzimas produce una mejora energética en torno al 5%, no cabe duda que el interés por el empleo de estos productos esté plenamente justificado.

Los enzimas utilizados en alimentación animal van destinados a mejorar la digestibilidad de distintos nutrientes. Los más empleados son:

- Polisacaridasas (celulasa, betaglucanasa, pentosanasa, etc.) que no son producidas de forma endógena por las aves.
- Proteasas, lipasas y alfa amilasas ya que su producción puede ser insuficiente por los animales jóvenes.
- Fitasas que permiten aprovechar el fósforo fitico con lo cual podremos disminuir el costo del fósforo y la contaminación ambiental, y mejorar el aprovechamiento de otros minerales.

Classen y Graham (1991), han identificado cuatro puntos por los que sería conveniente la utilización de enzimas:

- Suplementación de la producción de enzimas endógenas de las aves.
- Facilitar la digestión de nutrientes.
- Incrementar la digestibilidad de la fracción fibrosa.
- Contrarrestar factores antinutritivos.

Los mismos autores han citado tres grupos de alimentos en los que la adición de enzimas tiene un efecto probado:

- Dietas basadas en soja/cebada para pollos.
- Dietas basadas en maíz/soja/trigo para pollos.
- Dietas que contengan centeno para pollos.

(\*) Este trabajo ha sido realizado en la Estación Experimental de Trouw Ibérica, S.A.

**CUADRO I. PROCESO DE PRODUCCION DE UN ENZIMA**

Fase	Objetivos	Tiempo requerido
Selección de una enzima	pH correcto, buena estabilidad	Meses
Selección del organismo productor	Estable, termotolerante, secreción de enzimas	Meses
Mejora de la cepa	Máximo rendimiento	De 1 a 3 años
Optimización del proceso	Crecimiento en medio equilibrado, condiciones óptimas, inductores correctos	Hasta 1 año
Desarrollo del proceso «Down-Stream»	Concentración, purificación, estabilización, formulación del producto	Meses

No todas son iguales



**Chrono-gest<sup>®</sup>**

**Marca la diferencia**



**Intervet**

LABORATORIOS INTERVET S.A.

Poligono el Montalvo . Apartado de Correos 3006 . 37080 Salamanca . Teléfono: (923) 19 03 45 . Telefax: (923) 19 03 47

### PRODUCCION INDUSTRIAL DE ENZIMAS

#### Características generales de los enzimas

Los enzimas son proteínas que catalizan reacciones bioquímicas de forma específica. Son responsables de la degradación del alimento en el tracto digestivo, provocando la rotura de macromoléculas como proteínas, almidón, etc., en subunidades más pequeñas como aminoácidos, glucosa, etc. que posteriormente el animal es capaz de absorber y utilizar.

Además de su especificidad las características más importantes de los enzimas son las siguientes (Vanbelle, 1992):

- No se modifican al final de la reacción.
- Actúan en pequeñas cantidades.
- Aceleran la velocidad de la reacción.

Los enzimas actúan en condiciones medias de pH (3 a 9) y de temperatura (90 °C) y pese a los notables efectos que producen, su uso está restringido debido a su elevado precio, a su estabilidad y en algunos casos a la necesidad de coenzimas (Inbarr *et al.*, 1991).

#### Proceso de obtención de enzimas

La mayoría de los enzimas comerciales son producidos por un pequeño número de bacterias y hongos, estos necesitan un medio adecuado de fermentación que debe contener una fuente de carbono, una fuente de

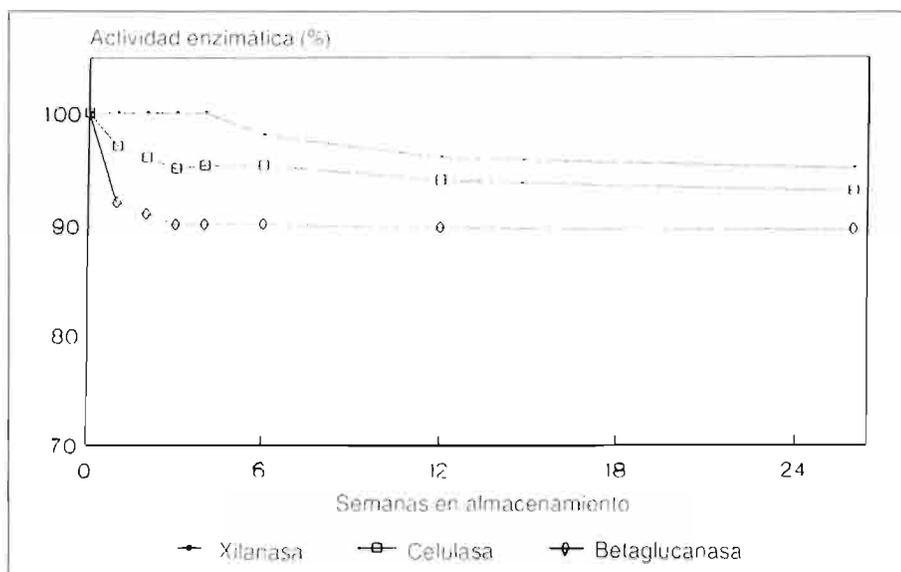


Gráfico 1.

nitrógeno, minerales y agua. Durante la fermentación es necesario controlar parámetros físicos y químicos de forma regular y es necesario el empleo de delicados métodos de extracción y purificación para aislar el enzima del caldo fermentativo.

Una vez aislado el enzima es probado mediante análisis *in vitro*, tanto solo como en combinación con otros enzimas. También debe ser evaluada la estabilidad y actividad potencial de ese enzima.

En el cuadro I adaptado de Inbarr *et al.* (1991) se muestra el desarrollo del proceso de producción de un enzima industrial.

#### Estabilidad de los enzimas

La estructura de los enzimas es bas-

tante frágil y puede desnaturalizarse por calor, ácidos, álcalis, metales pesados, vitaminas, minerales y otros agentes oxidantes.

Según Finfeeds International (1991) los enzimas industriales deben ser:

- Estables e inactivos durante el almacenamiento.
- Compatibles con vitaminas y minerales.
- Termoestables durante el procesamiento del alimento.
- Resistente a pH extremos y actividades proteolíticas en el tracto digestivo del animal.

El gráfico 1 indica los resultados obtenidos en unas pruebas de estabilidad de los enzimas betaglucanasa, xilanas y celulasa de un complejo multienzimático desarrollado por Finfeeds International Ltd. Se puede observar que después de 6 meses de almacenamiento la actividad de los enzimas continúa siendo superior al 90%.

Graham e Inbarr (1991) han señalado que la paletización puede inactivar irreversiblemente a los enzimas y por tanto estos han de ser capaces de soportar temperaturas entre 70 y 90 °C.

En los cuadros II y III pueden observarse las diferencias en los índices zootécnicos de pollos alimentados con dietas en harina o en gránulo (Trouw Ibérica S. A., 1991), a los que

CUADRO II. PIENSOS EN HARINA

6-28 d Baterías	Trigo control	Trigo/cebada 2c control	Trigo + Enz (TX)	Cebada + Enz (SX)	Trigo/cebada + Enz (STX)
% Cereal	60	30/30	60	60	30/30
GMD	100	100,7	105,4	103,5	106,1
IC	100	100,0	96,8	98,1	94,3

CUADRO III. PIENSOS GRANULADOS

7-28 d Baterías	Trigo control	Trigo/cebada 2c control	Trigo + Enz (TX)	Cebada + Enz (SX)	Trigo/cebada + Enz (STX)
% Cereal	60	30/30	60	60	30/30
GMD	100	99,1	108,5	101,8	105,5
IC	100	102,1	93,5	100,9	98,3

se ha añadido enzimas. Puede observarse que el efecto de la adición de enzimas es similar para un pienso en harina que para un pienso en gránulo, obteniéndose en ambos casos una mejora en la GMD en torno al 5% y una disminución del IC entre el 2 y el 6%.

El pH del tracto digestivo de las aves varía desde muy ácido, hasta casi la neutralidad según se muestra en el cuadro IV adaptado de Chesson (1987).

Chesson (1987) ha indicado que el tránsito por el proventrículo y la molleja es relativamente rápido por lo que no se llega a provocar una desnaturalización de los enzimas. Los enzimas de origen fúngico tienen una actividad óptima a pH más bajo (4-5,5) que los enzimas de origen bacteriano que tienen su óptimo en torno a la neutralidad. Es por esto que la mezcla de enzimas de ambos orígenes produce resultados mejores que el empleo de cualquiera de los dos por separado.

La figura 1 muestra el efecto de enzimas de diferentes orígenes sobre la viscosidad de un extracto de cebada (Finnfeeds International Ltd., 1991). Se observa cómo el testigo presenta mayor valor de viscosidad (cps) debido a la imposibilidad de romper el gel que producen los betaglucanos solubles.

Chesson (1987) cita que los enzimas exógenos son resistentes a las proteasas microbianas, pero pueden verse afectadas por las proteasas presentes en el proventrículo e intestino delgado de las aves.

Por tanto las enzimas industriales han de ser capaces de soportar tanto las condiciones ácidas de los primeros tramos del tracto digestivo, como los ataques proteolíticos en el intestino delgado.

La figura 2 presenta la actividad de tres polisacaridasas incubadas a un pH de 2,5 similar al del proventrículo y molleja (Inborr, 1990). Puede observarse que la actividad de la pectinasa y xilanasa es muy elevada durante las 2 primeras horas, mientras que la actividad de la celulasa se mantiene siempre por debajo de la observada en las otras dos enzimas. A partir de las 3

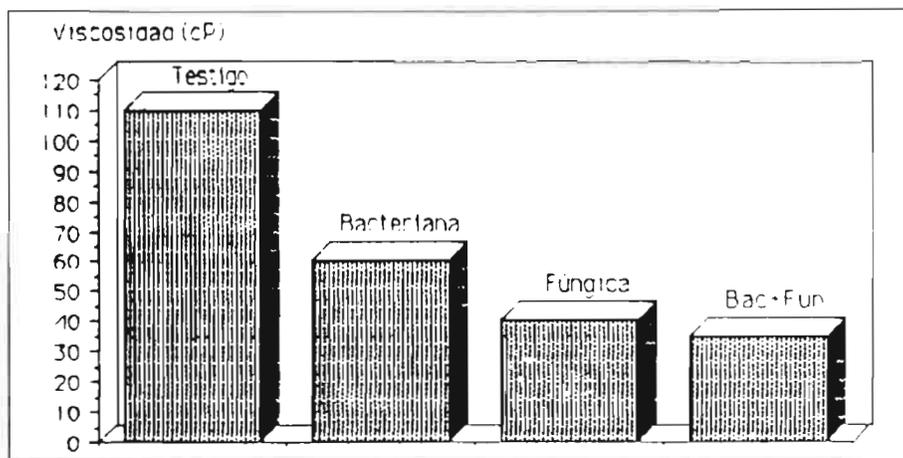


Fig. 1.

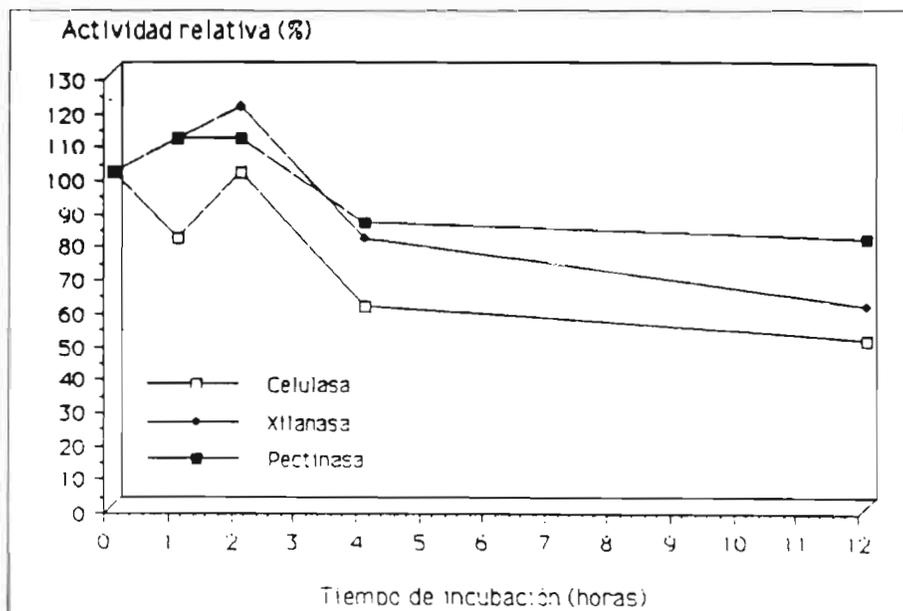


Fig. 2.

horas de incubación la actividad de las tres enzimas tiende a mantenerse más o menos constante.

### Métodos de análisis de la actividad enzimática

Este punto tienen un especial interés tanto para la industria productora de enzimas como para el fabricante de piensos.

CUADRO IV. pH DEL TRACTO DIGESTIVO

Sitio	pH
Proventrículo/Molleja	2,7 (0,5-5,5)
Duodeno	6,0 (4,9-7,5)
Yeyuno	6,3 (5,1-7,5)
Ileon	6,9 (5,3-7,9)
Ciegos	6,7 (5,2-8,0)
Colon	6,9 (5,0-8,0)

Cada industria productora de enzimas tiene su propio método de análisis, lo cual lleva a la imposibilidad de estandarizar un método hasta el momento. Los nuevos métodos basados en el empleo de HPLC, filtración de gel y electroforesis mejorarán en el futuro la exactitud y rapidez de las mediciones. Por otra parte, la valoración de la actividad enzimática en el alimento es todavía más compleja, no es exacta y está sujeta a una gran variación, debida principalmente a la baja concentración enzimática de los alimentos.

### UTILIZACION DE ENZIMAS EN LA ALIMENTACION DE LAS AVES

La dieta tradicional de las aves



La alimentación representa el 60-70% de los costes de una explotación.

estaba basada en maíz y soja, pero el uso de alimentos alternativos como la cebada, centeno, sorgo o girasol ha llevado al estudio del aprovechamiento óptimo de estos alimentos que contienen diversos factores que limitan su inclusión.

La adición de enzimas a alimentos para los animales ha sido investigada durante las últimas décadas buscando como objetivos el aumento de la

digestibilidad y la utilización de nutrientes (Graham e Inbarr, 1991).

Según los mismos autores al añadir enzimas se aumenta la cantidad de nutrientes disponibles y esto puede estimular la producción de enzimas digestivas endógenas. De otra parte los enzimas añadidos son bacterianos o fúngicos y tienen diferente estructura y requerimientos de ambiente que los enzimas endógenos por lo que

no es posible que haya efectos antagónicos entre ambos.

## Composición nutritiva de los principales componentes de las raciones en avicultura

Como se ha indicado anteriormente la alimentación representa entre el 60 y 70% de los costes de una explotación, por lo tanto es necesario conocer lo más exacto posible el valor nutritivo de los alimentos empleados.

Los cereales son los responsables del 75% de la Energía Metabolizable de la dieta, y dentro de los cereales en la mayoría de los países suele ser el maíz el más importante. Sin embargo en Europa debido a los excedentes de cebada y a la preferencia por el consumo de un pollo blanco, empieza a ser importante la inclusión de este cereal en la dieta.

Los cereales tienen en general una digestibilidad alta, pero en las aves al carecer de los enzimas capaces de hidrolizar los componentes de la pared celular esta digestibilidad disminuye, dependiendo este parámetro de la cantidad y del tipo de hidratos de carbono estructurales que tenga el cereal.

El valor nutritivo de un alimento se correlaciona positivamente con los carbohidratos de reserva, proteínas y contenido en grasa, y negativamente con el contenido en paredes celulares. Es el contenido en carbohidratos estructurales el factor que limita la inclusión de los alimentos vegetales en las dietas para aves.

En los cuadros V y VI se presenta la composición química y el contenido en betaglucanos y pentosanas de algunos granos utilizables en avicultura.

Entre el 55 y 70% del peso de los cereales corresponde al almidón que se encuentra en el endospermo en forma de gránulos unidos por una matriz proteica.

El almidón se encuentra bajo dos formas: alfa-amilosa y amilopectina. La alfa-amilosa se compone de cadenas largas no ramificadas de D-glucosa unidas por enlaces alfa (1-4). La amilo-

**CUADRO V. COMPOSICION QUIMICA (% DE MATERIA SECA) DE ALGUNOS GRANOS Y SUBPRODUCTOS UTILIZADOS EN DIETAS AVICOLAS (Finfeeds International, 1991)**

Granos	Fibra	Ramnosa	Arabinosa	Xilosa	Manosa	Galactosa	Glucosa	Acido urónico	Lignina
Avena	29,1	0,1	1,5	7,8	0,5	0,6	12,5	1,0	5,1
Cebada	21,3	0,1	2,3	4,7	0,6	0,4	10,0	0,5	2,6
Maiz	12,1	0,1	1,9	2,4	0,4	0,7	5,0	0,8	0,8
Centeno	13,9	4,0	2,4	3,7	0,7	0,5	4,7	0,5	1,2
Triticale	13,8	tr	2,3	3,1	0,5	0,4	6,0	0,5	1,7
Trigo	12,0	0,2	2,7	3,9	tr	tr	3,7	0,5	1,0
<b>Harinas</b>									
Colza	34,4	0,5	3,6	1,5	0,7	2,4	7,8	6,5	11,5
Soja	21,8	0,7	2,3	1,5	1,4	5,3	6,0	3,8	1,0
Girasol	37,5	0,3	3,9	7,4	1,2	1,0	9,9	3,8	10,0
Guisantes	24,1	0,5	2,7	1,9	0,5	2,4	12,5	2,8	0,9
Altramuz	49,7	0,6	5,5	2,3	1,0	20,5	15,8	3,0	1,0

**CUADRO VI. CONTENIDO EN PENTOSANAS Y BETAGLUCANOS TOTALES EN LOS CEREALES (%) (Henry, 1984)**

Cereal	Pentosanas	Beta-glucanos	Refacción P/BG
Avena	7,65	3,37	2,27
Cebada	5,69	4,36	1,31
Centeno	8,49	1,89	4,61
Trigo	6,63	0,65	10,20
Triticale	7,06	0,65	10,90

*2 productos insustituibles  
para la rentabilidad de su rebaño*



## ESPONJAVET

Progestágeno en esponja vaginal



## GONASER

Liofilizado de gonadotropina sérica (PMSG)

*La combinación de estos dos productos es el método más eficaz para conseguir una adecuada sincronización del estro y la inducción de la actividad cíclica en época de anoestro.*



pectina está muy ramificada, estando el esqueleto formado por enlaces alfa (1-4) y las ramificaciones por enlaces alfa (1-6).

Rodeando al endospermo se encuentra la aleurona que es una única capa de células de gruesas paredes. El pericarpio rodea la capa de aleurona y se constituye de varias capas de células.

Las paredes celulares del pericarpio, de la capa de aleurona y del endospermo contienen celulosa, polisacáridos no almidonados, compuestos fenólicos, pectinas y proteínas, pero varía la proporción relativa de cada componente entre ellos. La celulosa es una molécula lineal formada por residuos de glucosa unidos por enlace beta (1-4); la unión de 30-40 cadenas lineales mediante puentes de hidrógeno dota a las microfibrillas de celulosa de una estructura dura y rígida.

Los polisacáridos no amiláceos (PNA) forman la mayoría de las paredes del endospermo en los granos de cereales. En el endospermo de los granos de cebada las paredes celulares están compuestas por un 75% de betaglucanos y un 25% de otros polisacáridos, principalmente arabinosilanos, polímeros de manosa, proteínas y compuestos fenólicos. En el trigo y el centeno la fracción predominante dentro de la pared celular son los arabinosilanos.

En la cebada el contenido total de betaglucanos varía entre 3,4 y 8,6% y este contenido viene determinado por una serie de factores:



**Bedford (1991)** indicó que dietas basadas en cebada y centeno son propensas a deficiencias en vitaminas liposolubles.

- Factores genéticos.
- Condiciones climáticas.
- Tiempo de siega.
- Tipo y tiempo de almacenamiento.

Según Molina-Cano y Conde (1982), un 72% de la variabilidad observada en el contenido en betaglucanos en muestras de distintas cebadas se deben a la variedad. Por otra parte, el contenido en betaglucanos se incrementa durante la maduración del grano y decrece en las últimas etapas de la madurez (Aman, 1989). La explicación a este hecho podría buscarse en la utilización de los betaglucanos durante la fase final de crecimiento para facilitar la disponibilidad del almidón durante la germinación (Hesselman, 1983). Tiempos secos y calurosos durante la maduración del grano

y una cosecha temprana, incrementan el nivel de betaglucanos.

Dentro de los betaglucanos del 7 al 37% son solubles en una solución ácida (pH 1,5) y estos forman geles en disoluciones acuosas que afectan negativamente la digestibilidad no sólo de la cebada, sino de toda la dieta.

### Factores que interfieren en la digestibilidad de algunas fracciones de las dietas avícolas

Como se dijo anteriormente, las aves carecen de capacidad enzimática para digerir la fracción fibrosa de la dieta. Algunas técnicas como la paletización y la extrusión tratan de incrementar la digestibilidad y mejorar la ganancia de peso y el índice de conversión debido a una mejor accesibilidad de los nutrientes a los nutrientes encapsulados en la fibra (Bedford, 1991). Con la adición de cantidades elevadas de cebada y centeno a la dieta, especialmente en las aves jóvenes, el procesado no es suficiente.

El mecanismo identificado por el cual los cereales anteriores disminuyen la tasa de digestión es la viscosidad intestinal. La digestión depende de la formación de un complejo entre enzimas y sustratos y el producto de la digestión debe pasar desde el lumen intestinal hasta el enterocito para que ocurra la absorción, por lo tanto al

**CUADRO VI. COMPOSICIÓN Y ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE DE ALBUÑAS CEBADAS ESPAÑOLAS, COSECHA 1987 Y 1988 (Francisco, 1988)**

Variedad	Año	*Den.	P.B.	F.B.	Vis.	β-glu	E.M.A.
Dobla	87	64,3	12,4	4,50	4,48	3,01	3.254
	88	61,2	10,2	5,02	5,02	2,24	3.141
Kym	87	66,8	13,5	4,81	4,08	2,12	3.228
	88	56,6	12,9	5,34	5,14	2,77	3.039
Hassan	87	67,8	14,0	4,19	8,20	2,98	3.162
	88	60,8	14,5	4,83	9,38	3,83	3.068
Barbarrosa	87	61,9	11,3	5,54	4,76	3,39	3.131
	88	60,9	10,8	7,05	6,9	3,63	3.005
Alpha	87	64,4	13,4	5,18	4,23	2,39	3.165
	88	61,7	12,1	5,15	4,87	2,73	3.057

\*Den. = Densidad (kg/Hl). P.B. = Proteína Bruta. F.B. = Fibra Bruta.  
 β-glu = β-glucanos totales (expresado en % de materia seca).  
 Vis. = Viscosidad del extracto acuoso.  
 E.M.A. = Energía Metabolizable Aparente determinada en aves adultas (kcal/kg de materia seca).

aumentar la viscosidad intestinal se dificulta el acceso de los enzimas a los sustratos y el transporte de los nutrientes hasta la pared intestinal, lo cual provoca una disminución de la tasa de digestión y de absorción y aumenta el número de microorganismos en el intestino. Esto trae como consecuencia una reducción en el crecimiento, en la eficiencia alimenticia y en la Energía Metabolizante de la dieta.

De los datos que se exponen en el cuadro VII podemos indicar que el valor energético de la cebada está más influenciado por la variedad y el año de que se trate que por su pertenencia a 2 carreras (Kym, Hassan y Alpha) o 6 carreras (Dobla y Barbarrosa). Con excepción de lo que ocurre en la variedad Dobla, se observa que hay una relación directa entre la viscosidad de la cebada en extracto acuoso, el contenido en betaglucanos y la Energía Metabolizante Aparente.

Además, según Francesc (1989), al incrementarse la viscosidad del tracto digestivo disminuye el contenido en materia seca de las heces y se incrementa el consumo de agua.

Según el Dept. de Nutrición de Trouw Ibérica S.A., los PNA tienen tres efectos negativos sobre el valor energético de la dieta:

- Encierran nutrientes e impiden el acceso de enzimas.
- Provocan geles que dificultan la digestión y reducen la absorción de nutrientes.
- Aumentan la viscosidad de la digesta disminuyendo la velocidad de tránsito y afectando negativamente al consumo de pienso.

La figura 3 muestra cómo evoluciona la viscosidad de la digesta al incrementarse el nivel de cebada de la dieta y el efecto de la adición de enzimas (Trouw Ibérica S.A., 1992). Se observa cómo cada vez que incrementamos un 10% el porcentaje de cebada en la dieta y no añadimos enzimas, se produce un aumento de aproximadamente 3,5 cps en la viscosidad de la digesta; el empleo de enzimas hace que este parámetro se mantenga más o menos constante al incrementar el nivel de cebada.

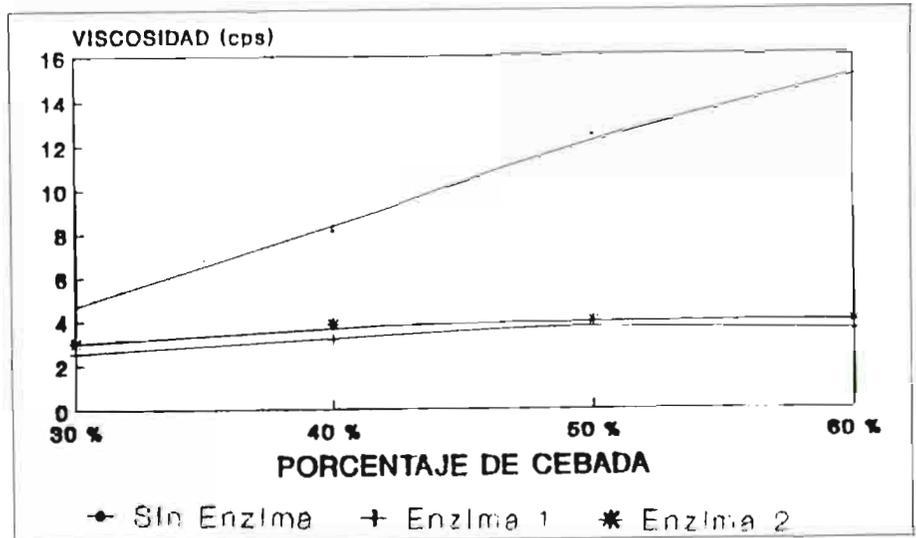


Fig. 3.

Bedford (1991) indicó que dietas basadas en cebada y centeno son propensas a deficiencias en vitaminas liposolubles, esto se debe a que al disminuir la velocidad de tránsito, las bacterias intestinales se multiplican y llegan a zonas superiores del intestino delgado, allí además de digerir parte del almidón y las proteínas de la digesta, algunas bacterias producen ácidos biliares que degradan enzimas, lo cual reduce la capacidad digestiva de los lípidos. Como consecuencia, se produce una deficiencia en vitaminas liposolubles puesto que estas vitaminas son coabsorbidas con los quilomicrones.

### Suplementación de las dietas avícolas con polisacaridasas

#### Betaglucanasas

En la década de los 50 se comenzaron los estudios de la adición de enzimas a cereales, en un principio se comprobó que la adición de alfa amilasa a dietas con alto contenido en

cebada producía un incremento en la ganancia de peso y el consumo de alimento, pero que estos efectos no se producían cuando la dieta estaba basada en maíz.

Según citan Francesc (1989) y Bedford (1991), en la década de los 60 se identificó el betaglucano como el responsable del bajo valor nutritivo de la cebada, y se comprobó que la adición de betaglucanasas mejoraba de forma consistente la ganancia de peso y la eficiencia de conversión.

De acuerdo con Vanbelle (1992) el sorgo, triticale, trigo, centeno, avena y cebada contienen cantidades crecientes de betaglucanos, como puede comprobarse en el cuadro VIII.

Generalmente la cebada se consideraba un cereal no apropiado para la alimentación del pollo de carne debido a su menor valor energético que el del maíz o del trigo, a su elevado contenido en fibra y a la presencia de betaglucanos. Sin embargo se ha comprobado que la adición de betaglucanasas mejora el consumo, la ganancia de peso, la eficacia alimentaria y aumenta el contenido en materia seca de las heces (con lo cual se disminuyen los problemas de camas húmedas); es por esto que su interés es creciente, en varios países de Europa, entre ellos España, que son excedentarios en este cereal.

Los anteriores efectos de la adición de enzimas a dietas a base de cebada pueden observarse en el cuadro IX

CUADRO VIII. BETAGLUCANOS EN CEREALES

Cereal	B-g glucanos
Cebada	4,9 (1,6-10,7)
Avena	4,3 (3,0-6,6)
Centeno	2,4 (1,9-2,9)
Trigo	1,0 (0,6-1,4)
Triticale	1,0 (0,7-1,2)
Sorgo	1,0

1 - media (min.-máx.).



La adición de complejos multienzimáticos mejora el crecimiento e índice de conversión de los animales.

adaptado de Patterson y Armstrong (1992) en el que emplea distintas dosis de una betaglucanasa comercial.

Classen y Bedford (1991), observaron que con la adición de enzimas con actividad betaglucanásica se mejoraba la digestibilidad del almidón y de la proteína.

Campbell (1989) indicó que la eficacia de las enzimas es superior en cebadas de alta viscosidad, y que el grado de respuesta enzimática depende del tipo de betaglucanos y del grado de maduración del grano, siendo la respuesta mayor a medida

que aumenta el contenido en betaglucanos solubles.

Según Rotter (1990) los resultados obtenidos con la adición de betaglucanasas a dietas basadas en cebada dependen de la variedad de cebada utilizada y de la edad del animal, observándose que los efectos son más favorables en aves jóvenes que en aves adultas.

Brufau (1991) observó que con la adición de enzimas se logra una reducción del porcentaje de animales con heces adheridas a la cloaca, y se incrementa el porcentaje de grasa abdomi-

nal debido a una mayor absorción de grasa. Este último efecto puede observarse en el cuadro X.

Hasselman (1986) indicó que al aumentar la viscosidad de la dieta se produce un mayor desarrollo del tracto digestivo y un alargamiento de la longitud del intestino, mientras que la aplicación de enzimas a la dieta lleva a un incremento del rendimiento de la canal.

En el cuadro XI, adaptado de Brufau (1991), se pueden comprobar los efectos de la aplicación de enzimas sobre el rendimiento de canal de pollos en el período de 0 a 40 días. Se observa que la adición de enzimas lleva a un mejor rendimiento de la canal (0,5-1%), a una reducción en el porcentaje de vísceras (8%) y a una reducción en el % de intestinos (4%).

La Energía Metabolizante de dietas a base de cebada se incrementa al suplementar con enzimas (Potter, 1965), y esto se atribuye principalmente a un incremento en la digestibilidad de la proteína, del almidón y de la grasa.

Wang *et al.* (1991) observaron que la concentración de lípidos en la excreta de animales que consumen dietas a base de cebada se disminuye al añadir enzimas, y explicaron este efecto por el aumento en la digestibilidad aparente de los lípidos.

Celulasas, arabinasas, xilanasas y pentosanasas

Hay otros alimentos como la harina de linaza o el centeno que son utilizables en avicultura pero producen los mismos efectos que la cebada de alta viscosidad, en ellos el efecto negativo se debe a polisacáridos como los xilanos o los pentosanos solubles (Chesson, 1987).

En el cuadro XII se observan los efectos sobre la ganancia de peso (GP) y eficiencia de conversión alimentaria (ECA) (Chesson, 1987) de la suplementación de algunas polisacaridasas a las dietas de pollos de carne.

En general se observa que la adición de polisacaridasas a la dieta produce una mayor ganancia de peso (5-

**CUADRO IX. EFECTOS DE LA ADICION DE ENZIMAS EN DIETAS A BASE DE CEBADAS**

	g de enzima/kg Dieta			
	0	0,5	1,0	2,0
Peso vivo (g) a los 22 días	433	599	603	617
Ingestión de alimento (g)	797	986	988	971
Índice de conversión	1,84	1,65	1,64	1,57

**CUADRO X. EFECTO DE LA ADICION DE ENZIMAS EN EL PORCENTAJE DE GRASA ABDOMINAL**

Variiedad cebada	Inclusión (%)	Enzima	% grasa abdominal	Pigmentación de las patas*	Autor
Barbarrosa	45	-	1,9		I.R.T.A.
		+	2,2		
Beka	45	-	2,1		I.R.T.A.
		+	2,3		
Albacete	45	-	2,0		I.R.T.A.
		+	2,3		
	40	-		5,9	Brufau 1989
+			8,4		

\* Escala Roche



Por lo sano...

**MEVET**  
LABORATORIOS



- ▲ AMPICILINA COLISTINA
- ▲ ERITROMICINA
- ▲ GENTAMICINA
- ▲ LINCOMICINA ESPECTINOMICINA
- ▲ OXITETRACICLINA
- ▲ PENICILINA ESTREPTOMICINA
- ▲ TILOSINA

ANTIBIOTERAPIA

Desde el propio sector ganadero,  
le ofrecemos la opción de calidad  
más rentable para su negocio.  
Porque sabemos lo que cuesta,  
permítanos ayudarle... por lo sano.



CONSULTE A SU  
VETERINARIO

Pol. Ind. El Segre, P. 410  
Tel. (973) 21 02 69 - Fax (973) 21 05 03  
25191 LLEIDA

11%) y una reducción en el índice de conversión (0-11%).

Según Bedford (1991), los PNA en disolución forman soluciones viscosas agregadas en grandes redes y para destruir la red es necesario romperla en pequeñas piezas.

El empleo de una pentosanasa en dietas basadas en cebada mejora la ganancia de peso y el índice de conversión (Bedford, 1991).

El empleo de celulasas en dietas de baja Energía Metabolizante mejora significativamente la ganancia de peso y la conversión del alimento, (White *et al.*, 1981).

Según Chesson (1987), la adición combinada de enzimas como celulosa, pectinasa y xilanasa en dietas para pollos a base de cebada o sorgo produce incrementos en la digestibilidad de los nutrientes.

### Sistemas multienzimáticos

La especificidad de las enzimas determina que los productos que contienen una sola enzima sean insuficientes para producir un máximo beneficio como suplemento de dietas avícolas.

Broz y Volker (1990) estudiaron el efecto de la utilización de un complejo derivado de *Trichoderma Viride* (celulosa, betaglucanasa, xilanasa, pectinasa y amilasa) en dietas de baja energía basadas en cebada y centeno y encontraron un aumento del valor nutritivo de la dieta cuando se añadía el complejo enzimático a la dieta.

Petterson y Aman (1989) vieron que la adición de un complejo enzimático que contenía pentosanasas y betaglucanasas en dietas basadas en trigo y centeno produjo un aumento de la digestibilidad de la materia orgánica, de la proteína bruta y de almidón y una disminución de la materia orgánica y de la grasa en las heces.

Según Vanbelle (1992) la utilización de complejos enzimáticos es más efectiva en pollos de 0 a 15 días debido a que no tienen un desarrollo completo de su sistema enzimático.

El Departamento de Nutrición de Trouw Ibérica S.A. (1991) estudió la

adición de un complejo multienzimático basado principalmente en beta-glucanasa, xilanasa y celulosa en dietas para pollos basadas en cebada. Los resultados obtenidos indican una mayor efectividad del complejo durante los 28 primeros días de vida, durante los cuales la adición del complejo produjo mejoras significativas en consumo e índice de conversión con respecto a los controles sin enzima.

El cuadro XIII nos presenta un resumen de estudios de eficiencia de un complejo enzimático comercial que contenía celulosa, endo 1-3; 1-4 betaglucanasa, xilanasa, pectinasa y amilasa en dietas de pollos de carne en diferentes países (Broz y Volker, 1990). Se observa que en general la adición de enzimas produce entre un 5 y un 6% de mejora en el peso final y

una reducción del índice de conversión entre el 2 y el 5%.

En el cuadro XIV se muestran los resultados obtenidos con la adición de un complejo enzimático en dietas con un 40% de cebada o trigo para pollos de carne (Trouw Ibérica, S.A., 1991).

Se observa que en la primera fase (0-28 días) la adición de enzimas a la dieta basada en cebada de 2 carreras produce una mejora en el peso vivo final (P.V.) del 4,4%, un incremento en el consumo de pienso (C.P.) del 2,1% y una reducción en el I.C. del 2,3%. La adición de enzimas a la dieta basada en cebada de 6 carreras produce una mejora en el P.V. del 8,2% y un incremento en el C.P. del 7,6%, no apareciendo diferencias en el IC. Los pollos que consumieron la dieta con trigo presentan mayor P.V. y C.P. que los

CUADRO XI. EFECTO DE LA ADICIÓN DE ENZIMAS SOBRE EL RENDIMIENTO DE LA CANAL

	T-1 (0)	T-1 (1)	T-2 (0)	T-2 (1)
Rendimiento canal (%)	74,8	75,1	74,5	75,2
Visceras (%)	10,9	10,3	10,9	10,7
Intestinos (%)	5,7	5,3	5,9	5,4
I.T.	2.011	1.971	2.076	2.000

(0) = no adición de enzima. Pienso granulado. (1) = adición de 1 g β-glucanasa/kg de pienso.  
T-1 = 15-20 % de cebada. T-2 = 30-40% cebada.  
I.R.T.A. = Depto. de Nutrición Animal (resultados no publicados).

CUADRO XII. EFECTOS SOBRE LA GP Y LA ECA DE LA SUPLEMENTACIÓN DE ALGUNAS POLIBACARIDASAS A LAS DIETAS DE POLLOS DE CARNE

Enzimas	Dosis (g/kg dieta)	Dietas	Respuestas
Celulasa (Irpex lacteus) (Driselase Kyowa Hakko Kogyo Co Ltda)	0,1-0,3	Maíz, H. soja Cebada, H. soja	+ 5-10% GP + 2-12% ECA
Celulasa (Irpex lacteus) (Driselase Kyowa Hakko Kogyo Co Ltda)	0,3	Trigo, alfalfa, harina linaza	No significativo (NS)
Celulasa (Irpex lacteus) (Driselase Kyowa Hakko Kogyo Co Ltda)	0,1-0,3	Maíz y H. Soja	GP-NS +0-3,5% ECA
Pectinasa (P) Xilanasa (X) Celulasa (C)	2,0-6,0	Maíz, cebada y sorgo	+ 7-11% GP
Celulasa (T. viride) (Bochringer)	0,08	Maíz, H. soja y trigo	NS
Hemicelulasa, pectinasa (Tsellovridin G3x Pektotoetidín G3x)	0,5	—	+ 11% ECA
Hemicelulasa, pectinasa (Tsellovridin G3x Pektotoetidín G3x)	0,6	—	+ 9% ECA

pollos que consumieron las dietas con cebada aunque éstas tengan enzimas. En cuanto al IC, únicamente la dieta que llevaba cebada de 2 carreras y enzimas es significativamente mejor que la dieta con trigo, siendo la diferencia entre ambas del 2,3%.

En la segunda fase (28-49 días) no aparecen diferencias significativas entre las distintas dietas para los parámetros P.V. y C.P.

En el IC únicamente aparecen diferencias entre la dieta que contenía cebada de 2 carreras y enzimas frente a la dieta con cebada de 2 carreras sin

enzimas, siendo esta última un 1,2% peor.

## CONCLUSIONES

A. Para optimizar el uso de enzimas en nutrición animal hay que tener en cuenta:

- Composición química de las materias primas.
- Fracciones indigestibles y factores antinutritivos de las materias primas.
- Modo de acción y estabilidad de los enzimas.

- Fisiología digestiva del animal.

B. Tanto los betaglucanos como los pentosanos son indigestibles para las aves, ya que éstas carecen de enzimas adecuadas para hidrolizarlos. Estos compuestos son la fracción mayoritaria de las paredes celulares del trigo y la cebada, variando la proporción relativa en cada cereal. Los efectos negativos de esta fracción de la pared celular pueden observarse desde una doble vertiente:

- Al ser prácticamente indigestibles, se impide el acceso de los enzimas digestivos al almidón del interior de la célula del endospermo y se limita la digestión y absorción de una parte de la grasa y de la proteína con la cual el rendimiento energético de la ración disminuye.
- Los betaglucanos y pentosanos tienen capacidad para formar en disolución acuosa geles de alta viscosidad, lo cual provoca una ralentización del tránsito digestivo. El aumento de la viscosidad dificulta el acceso de los enzimas a los nutrientes y el transporte de estos hasta el lumen intestinal para su posterior absorción, por tanto se produce una disminución en la tasa de digestión y absorción.

C. Adición de complejos multienzimáticos:

- Economía en la formulación al poder utilizar, cuando interese, cereales alternativos al maíz.
- Mejora del crecimiento e índice de conversión de los animales.
- Aumento del rendimiento en canal del pollo, aunque esto se acompaña de un aumento en el contenido de grasa general.
- Eliminación de heces pastosas y yacijas húmedas.
- Ligeras reducciones de la variabilidad entre distintas partidas de una materia prima lo cual puede mejorar la precisión en la formulación del pienso. ■

## BIBLIOGRAFIA

Existe una amplia bibliografía a disposición del lector interesado.

**CUADRO XIII. ESTADIOS DE EFICACIA DE UN COMPLEJO ENZIMÁTICO COMERCIAL EN DIETAS DE POLLOS DE CARNE**

Tipo de dieta (País)	Enzimas (ppm)	Número de animales	Duración en días	Peso final (g)	Conversión alimentaria alm./gan.
Cebada	0	216	42	2.019	1,92
40/60% (Canadá)	100	216	42	2.060	1,86
	200	216	42	2.128	1,83
Cebada	0	800	38	1.561	2,10
50% (Alemania)	100	800	38	1.641	1,98
	200	800	38	1.666	1,97
Cebada	0	160	42	1.766	2,06
63% (Suiza)	200	160	42	1.822	2,01
Trigo	0	160	42	1.848	1,90
67% (Suiza)	200	160	42	1.876	1,89
Trigo	0	1.400	42	2.025	1,88
65/68% (Reino Unido)	200	1.400	42	2.129	1,84
Trigo/Cebada	0	800	40	1.720	2,03
35/20% (Alemania)	100	800	40	1.787	1,93
	150	800	40	1.746	1,94
	200	800	40	1.779	1,93
Centeno/Maíz	0	160	42	2.055	1,99
20/38% (Alemania)	200	160	42	2.107	1,93

**CUADRO XIV. RESULTADOS OBTENIDOS CON LA ADICIÓN DE UN COMPLEJO ENZIMÁTICO EN DIETAS CON UN 40% DE CEBADA O TRIGO**

Periodo (días)	Trigo	Cebada (2 carreras)	Cebada (2 carreras + enzimas)	Cebada (6 carreras)	Cebada (6 carreras + enzimas)
<b>0-28</b>					
P.V. (kg)	1,016 A	0,961 BC	1,004 A	0,937 C	1,014 A
C.P. (kg)	1,586 A	1,499 BC	1,531 AB	1,459 C	1,570 A
I.C.	1,562 a	1,561 a	1,526 bc	1,557 a	1,550 ab
<b>28-49</b>					
P.V. (kg)	1,331	1,326	1,322	1,324	1,332
C.P. (kg)	2,964	2,970	2,932	3,012	3,035
I.C.	2,242 bcd	2,256 abc	2,229 cd	2,288 a	2,296 a
<b>0-49</b>					
P.V. (kg)	2,348 a	2,288 bc	2,326 ab	2,262 c	2,346 a
C.P. (kg)	4,551 a	4,470 ab	4,463 ab	4,471 ab	4,606 ab
I.C.	1,945 c	1,960 bc	1,923 d	1,982 a	1,970 ab

\* Letras minúsculas distintas dentro de la misma línea difieren significativamente (P < 0,005).  
 \* Letras mayúsculas distintas dentro de la misma línea difieren significativamente (P < 0,01).