

EL HIDROLIZADO DE LAS PLUMAS, UN PROCESO PARA VALORIZAR UN RESIDUO CONTAMINANTE

González, A.¹

INTRODUCCIÓN

El uso de fuentes alternativas de energía y proteína en la alimentación de cerdos ha sido una de las estrategias utilizada por los pequeños productores para mantener sus sistemas de producción como forma de enfrentar el fuerte incremento de los precios de maíz y soja en los últimos años.

En el año 2002, a partir de un relevamiento realizado por investigadores de la Facultad de Agronomía-UDELAR, sobre tipos y volúmenes de residuos generados en las plantas de faena, se propone estudiar las posibilidades de usar las plumas en dietas para cerdos, y de esta manera contribuir a disminuir los costos de alimentación y preservar la calidad del medio ambiente.

En Uruguay se registra un fuerte crecimiento en el número de aves faenadas, con un máximo histórico de 63 mil toneladas de carne aviar en el año 2006 (Errea, E. e Ilundain, M. 2007). Como subproductos sólidos se encuentran patas, cabezas, sangre y vísceras las que son destinadas principalmente a la alimentación de cerdos o elaboración de raciones para animales. Las plumas representan un 7,3 % del volumen de faena y son comercializadas para su uso como fertilizante o depositadas en terrenos o rellenos sanitarios (Mallo, M. *et al.*, 2005).

El único antecedente encontrado sobre el uso de plumas en la alimentación animal, fue el realizado por la Avícola MORO, donde se incluían plumas junto a las vísceras, cabeza y sangre para elaborar harina de pollo o se usaban plumas presecadas y molidas como parte de la dieta de rumiantes. (Velázquez, 1998).

Sin embargo, a nivel mundial es numerosa la bibliografía sobre su uso en la alimentación animal y de los diferentes procesos que tienen por objetivo mejorar la disponibilidad de la proteína de las plumas a las enzimas digestivas del animal.

LAS PLUMAS

Las plumas cumplen la función de protección y aislamiento térmico en las aves, y por eso su fuerte estructura. Los valores de análisis químicos para plumas sin tratar se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química de las plumas.

Fracción	%
Materia seca ¹	30
	Base seca
Proteína cruda ²	83
Extracto etéreo ²	0.95
Ceniza ²	3.3

¹Lab. Nutrición Animal, Fac. Agronomía.

²Piccioni, 1970.

Los valores de digestibilidad *in vitro* (DIV) de la proteína de las plumas sin procesar determinada con HCl y pepsina están entre el 12% (Piccioni, 1970) y el 5% (De Blas *et al.*, 2003).

Harrap, B.S. y Wood, E.F. (1964) determinaron en sus investigaciones que el 85-90% de la proteína de las plumas es α -queratina, familia de proteínas del tipo fibrosas constituidas por cadenas polipeptídicas, insolubles en agua y soluciones salinas diluidas. Las α -queratinas son ricas en aminoácidos (aa) que poseen grupos R-hidrofóbicos como fenilalanina, isoleucina, valina, metionina y alanina que favorecen la formación de α -hélice. Block y Bolling (1951) citado por Moran *et al.* (1966) encontraron valores del 8,8 % de cisteína presente en la proteína de las plumas, valores menores a los determinados en la caparazón de las tortugas donde los porcentajes son del 18%. Las cisteínas proporcionan enlaces disulfuro transversales entre cadenas polipeptídicas, enlaces covalentes y por tanto muy fuertes, que explican la estabilidad de la estructura.

PROCESOS DE HIDROLIZADOS

Para que las plumas puedan ser utilizadas como fuente proteica en la alimentación, deben recibir un proceso previo que rompa los enlaces disulfuros, los que no son atacados por las enzimas proteolíticas de los animales (Davis *et al.*, 1961 citado por Steiner *et al.*, 1983).

Diversos han sido los métodos aplicados con el objetivo de mejorar la digestibilidad de la proteína: métodos físicos, usando diferentes combinaciones de presión, temperatura y tiempo; métodos químicos aplicados diferentes concentraciones de áci-

¹Ing. Agr., Docente Dpto. Producción Animal y Pasturas Facultad de Agronomía – UDELAR. E-mail: agonzalez@fagro.edu.uy

dos y bases fuertes y en los últimos años se ha profundizado en la investigación de métodos biológicos utilizando enzimas producidas por hongos y bacterias con excelentes resultados.

La bibliografía presenta valores de digestibilidad *in vitro* de la proteína mayores al 75% en investigaciones realizadas por diferentes autores, que trabajaron sometiendo las plumas en autoclave a diferentes temperaturas entre 110 y 140°C y presión de vapor entre 2,4 y 3,3 atmósferas, en diferentes tiempos, 30 a 90 minutos. (Latshaw *et al.*, 1992; Apple *et al.*, 2003)

De Blas *et al.* (2003) recomiendan condiciones de elevada presión (3,2 atmósferas) y temperatura (146°C) durante 30 minutos para que se produzca la ruptura de los enlaces indigestibles, y consideran que mas tiempo de procesamiento ocasiona la destrucción de aminoácidos y disminuyen la disponibilidad de la lisina. Los autores coinciden en afirmar que los procesos con presión y temperatura destruyen las cistinas haciendo mas solubles y digeribles a las plumas. Moran *et al.* 1966 reportaban que los diferentes procesos degradaban la cisteína pasando de contenidos del 8,8% en las plumas originales al 3,6% de la proteína de plumas tratadas.

Si bien los procesos físicos permiten mejorar la digestibilidad, el costo energético y la destrucción de aminoácidos ha llevado a que se investiguen otras formas de hidrólisis. Muchos son los productos utilizados: Ca(OH)₂, NaOH, KOH; HCl; H₃PO₄ entre otros.

Steiner *et al.* (1983) lograron incrementar los valores de digestibilidad *in vitro* de las plumas tratadas combinando un corto período de tratamiento físico con NaOH y H₃PO₄. Papadopoulos *et al.* (1985, 1986) trabajando con tiempos prolongados y altas concentraciones de NaOH lograron buenos valores de digestibilidad pero redujeron los valores de disponibilidad de los aminoácidos. Investigaciones realizadas en el año 2002 por Kim y colaboradores, obtuvieron los mejores resultados trabajando con NaOH durante 24 horas.

Varios autores coinciden en afirmar que los tratamientos químicos reducen el contenido de aminoácidos y producen la rancematización de los mismos haciéndolos indisponibles al animal.

En los últimos años se viene profundizando en investigaciones sobre el uso de microorganismos (hongos y bacterias) como productores de enzimas con actividad queratinolítica (Shih *et al.*, 1990; Williams *et al.*, 1991) en la búsqueda de disminuir los costos del procesamiento y el impacto ambiental por la utilización de agentes químicos que pueden afectar negativamente.

Han sido aisladas de los sitios de deposición de las plumas, cepas producidas por el *Bacillus licheniforme* (Burt *et al.*, 1999), *Bacillus subtilis* (Kim *et al.*, 2002); *Kocuria rosea* (Bernal *et al.*, 2003); *Chryseobacterium* sp. (Brandelli y Riffel, 2005). Cada especie actúa en un rango de pH y temperatura óptimo, y producen enzimas capaces de degradar las plumas logrando aumentar la digestibilidad y mejorar el valor biológico del subproducto obtenido.

En el cuadro 2 se presentan los valores de digestibilidad de la proteína de las plumas luego del proceso de hidrólisis al que fue sometido.

Investigaciones realizadas en rumiantes (Klemesrud *et al.*, 2000) reportan valores de proteína no degradable del 73,5%, y de digestibilidad intestinal de la proteína 86,7% si bien existen importantes diferencias de digestibilidad entre aminoácidos.

VALOR NUTRITIVO DE LOS PRODUCTOS HIDROLIZADOS

Si bien los análisis del contenido proteico de los productos hidrolizados son mayores al 75%, esta información no es suficiente para conocer el valor nutritivo del alimento. La calidad del producto dependerá además de la eficiencia del proceso, cuyo objetivo es el desdoblamiento de los enlaces disulfuro de la queratina de las plumas. (Eggum, 1970 citado por Zumbado y Murillo).

La Association of American Feed Control Officials (Latshaw *et al.*, 1994) propone como indicador del proceso, la digestibilidad *in vitro* de la proteína y establece que el valor mínimo aceptable es del 75%. De Blas *et al.* (2003) proponen como valores adecuados entre el 66-85% para indicar un buen procesamiento, considerando que valores inferiores a 65%

Cuadro 2. Composición química de plumas hidrolizadas (en %).

Fracción	Físico ¹	Químico ²	Químico ³	Biológico ⁴
Materia seca	93,0	--	--	93,8
Proteína cruda*	83,9	--	--	67,0
---	---	---	---	---
N soluble		30,0	78,8	
Dig. <i>in vitro</i>	76,6	55,8	--	88,0

* expresado en base seca.

¹Lasthaw *et al.*, 1994. 3,2 atm, 24 minutos. ²Kim *et al.*, 2002. 2 hs con NaOH 1 Normal.

³Kim *et al.*, 2002. 24 hs con NaOH 1 Normal. ⁴Bernal *et al.*, 2003. cepa *Kocuria rosea* (LPB-3).

indican una hidrólisis insuficiente y valores superiores al 80% un procesado excesivo, dejando menos disponible a los aminoácidos.

A pesar de su alta digestibilidad, es considerada un alimento de escaso valor nutricional debido al desbalance de aminoácidos esenciales y a la formación de aminoácidos no nutritivos en el proceso de hidrólisis. (Wang y Parsons, 1977 citado por Bernal *et al.*, 2003).

Papadopoulos *et al.* (1985,1986); Mortiz y Latshaw (2001); De Blas *et al.* (2003), confirman que excesos en los tratamientos decrecen la disponibilidad de aminoácidos, principalmente de la cisteína y lisina aumentando el contenido de lantoina y lisinoalanina, compuestos de menor valor nutritivo. Estos autores sugieren que el mejor indicador de la calidad del producto obtenido es la disponibilidad de la cisteína, lo que permitiría monitorear la calidad de los hidrolizados de plumas.

Groot y Slump (1969) citados por Kim, 2000, mencionan en su trabajo que los niveles de cisteína y lisina eran reducidos en tratamientos con álcalis. Ellos comprobaron que la destrucción aumentaba con el tiempo del tratamiento en álcalis y con la temperatura. El triptofano queda destruido por efecto de la hidrólisis ácida y también un alto porcentaje por la hidrólisis alcalina. (De Blas *et al.*, 2003)

Kim *et al.*, 2000 trabajando con diferentes métodos de procesamiento confirman que los tratamientos enzimáticos producen hidrolizados con mejores niveles de aminoácidos, comparado con tratamientos físicos y químicos.

El cuadro 3 presenta el contenido en aminoácido de plumas procesadas por diferentes métodos.

Los valores de digestibilidad de aminoácidos son variables, de acuerdo al método de hidrólisis y tiempos de procesamiento. Para los datos de hidrólisis por método físico presentes en el cuadro 2, la digestibilidad promedio de los aminoácidos es del 71%, siendo la digestibilidad de la lantoina del 49%.

Por su buena concentración en cisteína, treonina y arginina, pero deficitaria en metionina, lisina, triptofano e histidina se recomienda utilizar estos hidrolizados como uno de los componentes proteicos en las dietas de animales.

INCLUSIÓN DE HIDROLIZADOS EN DIETAS DE ANIMALES

Una limitación en el uso de hidrolizados de plumas en dietas para animales es su desequilibrio en los aminoácidos esenciales.

En animales rumiantes se han empleado hasta un 10% de hidrolizados en las raciones, presentándose muy interesante su uso en esta especie como fuente de proteína no degradable (73%). En animales de alta producción debe ser suplementada con metionina y lisina, y en vacas lecheras al inicio de la lactación limitar su uso al 0,2-0,3 kg/día. (De Blas *et al.*, 2003).

Los mismos autores recomiendan valores de inclusión del 2 al 4% de los hidrolizados de plumas en alimentos para monogástricos. Trabajos de Eissler y Firman, (1996) conclu-

Cuadro 3. Composición de aminoácidos de hidrolizados de plumas.

Aminoácidos	Procesamientos			
	Control ¹	Físico ²	Químico ³	Biológico ⁴
	g de aa/100g de PC			
Arginina	6,33	8,55	5,83	4,7
Cisteína	8,85	5,95	4,12	3,3
Glicina	9,56	7,02	9,98	-
Histidina	0,36	1,06	0,48	0,95
Isoleucina	5,23	5,43	5,01	4,1
Leucina	8,72	8,82	8,11	7,2
Lisina	1,02	3,01	1	3,5
Metionina	0,51	0,87	0,7	0,7
Fenilalanina	4,96	5,46	4,8	3,2
Treonina	5,22	5,03	4,69	4,3
Valina	9,16	5,09	8,75	8
Lantoina		0,75		

¹Kim *et al.*, 2000 ²Lasthaw *et al.*, 1994.

³Kim *et al.*, 2000 ⁴Bernal *et al.*, 2003.

yen que hasta el 6% de hidrolizado en dietas para pavos no se encuentran diferencias en eficiencia de conversión del alimento. Si el hidrolizado de plumas es la única fuente de proteína deben ser suplementadas con metionina, lisina y triptofano para obtener buenos resultados en ganancia de peso (Moran, 1966).

Bernal *et al.* (2003) recomienda niveles del 5% en aves de corral, del 15% en trucha arco iris, un 33% en camarones y niveles del 40% en salmones, pero suplementadas con aminoácidos, especialmente L-lisina.

Se han realizado numerosos trabajos de inclusión de los hidrolizados de plumas en la alimentación de cerdos. Brow *et al.* (2000) y Ssu *et al.* (2004) coinciden que en etapas tempranas de crecimiento el hidrolizado tiene un efecto negativo sobre el consumo, que se refleja en la menor velocidad de crecimiento, mientras que en el periodo de terminación no se ven afectadas las performances cuando el rango de inclusión está entre el 3 y el 9% de la dieta. En este rango de inclusión no se vieron afectadas las características de la carcasa, si bien Chiba *et al.* (1996), Apple *et al.* (2003), observaron un aumento de contenido de magro en dietas con el hidrolizado de plumas que lo asociaron a un mayor contenido total de proteína en las dietas.

Uno de los manejos realizados para mejorar el nivel de aminoácidos en la dieta es incorporar sangre durante el proceso de hidrolizado de las plumas. Heugten y Kempen (2002) formularon dietas isocalóricas para cerdos en crecimiento incluyendo para valores desde 2% al 10% de hidrolizado de plumas con sangre en pruebas de performance. Los valores mayores de inclusión redujeron la velocidad de crecimiento como consecuencia de un menor consumo, pero no se afectó la eficiencia de conversión.

Szu *et al.* (2004) trabajaron con niveles de inclusión del 10 y 20% en dietas ajustadas por lisina digestible concluyendo que elevados contenidos de hidrolizado de plumas no son recomendables a edades tempranas, pero no encontraron diferencias en el período de 80 a 100kg.

EXPERIENCIAS EN URUGUAY

Desde el año 2005, en la Facultad de Agronomía se vienen desarrollando una serie de ensayos con el objetivo de evaluar el aporte nutritivo para cerdos de plumas tratadas por diferentes métodos.

Se efectuaron pruebas mediante método químico utilizando NaOH, KOH, ácido acético y suero de queso. Estos agentes hidrolizantes fueron utilizados a diferentes concentraciones y con distintos volúmenes de solución, obteniendo los mejores resultados con NaOH, 1 Molar durante 36 horas en una proporción solución/pluma: 4 a 1.

El otro producto de hidrólisis evaluado fue obtenido por el método físico elaborado por una fábrica productora de harinas

para la alimentación animal. Los resultados obtenidos de análisis químico y digestibilidad se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Composición química de los hidrolizados de plumas elaborados en Uruguay.

Fracción	Procesamiento	
	Físico ¹	Químico ¹
Materia seca (%)	92.4	15
	Base seca	
Proteína cruda (%)	82.9	55.6
Extracto al éter (%)	10.3	10.6
Cenizas (%)	3.5	33.8
Digestibilidad de la PC		
<i>In vitro</i> (%)	33	70
<i>In vivo</i> (%)	27.5	61.4

¹Resultados del Laboratorio de Nutrición Animal, Facultad de Agronomía.

Se determinó el efecto de la inclusión de los hidrolizados de plumas en la performance de cerdos. Para ello se formularon dietas sustituyendo 1/3 de la proteína de la dieta testigo por proteína proveniente de los hidrolizados. El resultado obtenido fue una reducción en la velocidad de crecimiento y en la eficiencia de conversión de la materia seca en un 20% respecto a la dieta testigo. No se observaron diferencias en los datos de carcasa y distribución de cortes carniceros.

Datos preliminares del efecto de los hidrolizados sobre las mucosas del tracto digestivo y tejidos de los riñones evidenciaron que altos niveles de hidrolizado obtenido por el método químico (con NaOH), provocan daños leves en las células de la mucosa intestinal (enteritis) y nefritis intersticial en los animales.

BIBLIOGRAFÍA

- Apple, J.K.; Boger, C. B.; Brow, D.C.; Maxwell, C.V.; Frieser, K.G. Roberts, W.J. and Jonson, Z.B. 2003. Effect of Feather meal on live animal performance and caecass quality and composition of growing-finishing. Swine. J.Anim.Sci. 81:172.
- Bernal, C.; Bertschi, A.; Coello, N.; Estrada, O.; Hasegawa, M. y Moccó, Y. 2003. Las Plumass como residuo agroindustrial: su utilización biotecnológica para producir insumos de interés industrial. Revista de La Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Vol.18 (3): 119.
- Brandelli, A. and Rife, A. 2005. Production of an extracellular keratinase from *Chryseobacterium* sp. Growing on raw feathers.

- In: [http://www.ejbiotechnology.info/content/vol8/issue1/full/2/Brow, D., J. Apple, C.V. Maxwell, K.G. Friesen, B.Z. Johnson.2000. Efficacy of feather meal for improving gain, feed efficiency and carcass composition in growing finishing pigs. Research Series. Arkansas Agricultural Experiment Station. 130.](http://www.ejbiotechnology.info/content/vol8/issue1/full/2/Brow,D.,J.Apple,C.V.Maxwell,K.G.Friesen,B.Z.Johnson.2000.Efficacy%20of%20feather%20meal%20for%20improving%20gain,%20feed%20efficiency%20and%20carcass%20composition%20in%20growing%20finishing%20pigs)
- Burt, E. and Ichida, J. 1999. Occurrence of feather-degrading bacilli in the plumage of birds. *AUK* 116:364.
- Chiba, L., Ivey, H.; Cummins, K. and Gamble, B. 1996. Feather meal does not reduce carcass quality of finisher pigs. *Highlights of Agricultural Research*. 43 (3).
- De Blas, C.; Mateos, G. y Rebolla, P. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos. 2da. Ed. Madrid, España 423 pp.
- Eissler, C.R. and Firman, J. 1996. Effects of feather meal on the performance of Turkeys. *The Journal of Applied Poultry Research*. 5(3):246.
- Errea, E. y Ilundain, M. 2007. Carne aviar: situación y perspectivas. OPYPA. MGAP. Uruguay.
- Harrap, B.S. and Wood, E.F. 1964. Soluble derivatives of feather keratin. 2. Molecular weight and conformation. *Biochem. J.* 92(1):19.
- Heugten, E. and Kempen, T. 2002. Growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and fecal odorous compounds in growing-finishing pigs fed diets containing hydrolyzed feather meal. *Journal Animal Science* 80:171.
- Kim, W.K. and Patterson, P.H. 2000. Nutritional Value of Enzyme-or Sodium Hydroxide-Treated Feather from Dead Hens. *Poultry Science*. Vol 79 (4): 528.
- Kim, W.K., Lorenz, E. and Patterson, P. 2002. Effect of Enzymatic and Chemical treatments on Feather Solubility and Digestibility. *Poultry Science Association* 81:95.
- Klemesrud, M.J.; Klopfenstein, T. and Lewis, A.. 2000. Evaluation of feather meal as a source of sulfur amino acids for growing steers. *Journal of Animal Science*. 78 (1): 207.
- Latshaw, J.D.; Musharaf, N. and Retrum, R. 1994. Processing of feather meal to maximize its nutritional value for poultry. *Animal Feed Science and Technology* 47:179.
- Mallo, M.; Lucas, R. y del Campo, M. 2005. Diagnóstico Nacional de Residuos Sólidos Industriales y agro industriales por sector productivo. Informe preliminar. DINAMA. Uruguay.
- Moran, J.; Summers, J. and Slinger, S. 1966. Keratin as a source of protein for the growing chick. 1. Amino acid imbalance as the cause for inferior performance of feather meal and the implication of disulfide bonding in aw feathers as the reason for poor digestibility. *Poultry Sci.* 52:858.
- Mortiz, J.S. and Latshaw, J.D. 2001. Indicators of Nutritional Value of Hidrolyzed Feather Meal. *Poultry Science*. Vol. 80 (1):79
- Papadopoulos, A.R.; El Boushy, A.R- and Ketelaars, E.H. 1985. Effect of different processing conditions on amino acid digestibility of feather meal determined by chicken assay. *Poultry Sci.* 64:1729
- Papadopoulos, M.C. 1986. The effect of enzymatic treatment on amino acid content and nitrogen characteristic of feather meal. *Animal Feed and technology* 16:151.
- Piccioni, M. 1970. Diccionario de alimentación animal. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 819 p.
- Shih, J.C.; Williams, C.; Richter, C.S and Mackenzie, J.M. 1990. Isolation, identification, and characterization of a feather-degrading bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:1509.
- Steiner, R.J., R.O. Kellems and D.C. Church. 1983. Feather and Hair for ruminants. IV. Effects of chemical treatments of feather and processing time on digestibility. *Journal of Animal Science*. Vol. 57 (2):495.
- Ssu, K.W.; Brumm, M.C. and Miller, P. 2004. Effect of feather meal on barrow performance. *Journal of Animal Science*. 82(9): 2588.
- Velázquez, C. 1998. Estudio de disponibilidad y uso actual de productos y subproductos de origen animal en el Uruguay. CONYCIT. Uruguay. 27p.
- Williams C.M.; Lee, C.G.; Garlich, J.D. and Shih, J.C. 1991. Evaluation of a bacterial feather fermentation product, feather-lysate, as a feed protein. *Poultry Sci.* 70:85.
- Zumbado, M.E. y Murillo, M. 1986. Utilización de la harina de desechos de mataderos de aves y harina de pescado en dietas para pollos en iniciación. *Agronomía Costarricense* 10(1/2): 139.