

# EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA HARINA DE PLUMAS FERMENTADAS POR *Kocuria rosea* COMO FUENTE ALTERNATIVA DE PROTEÍNAS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES

## Nutritional Evaluation of *Kocuria rosea* Fermented Feather Meal as an Alternative Protein Source in Poultry Feed

Annalisse Bertsch<sup>1</sup>, Ramón Álvarez<sup>2</sup> y Nereida Coello<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Química y Tecnología.<sup>2</sup>Instituto de Producción Animal.

Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.

<sup>3</sup>Laboratorio de Procesos Biotecnológicos, Instituto de Biología Experimental, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. E-mail: mcoello@reacciun.ve

### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un estudio comparativo entre la calidad nutricional de la harina de plumas fermentadas por la bacteria *Kocuria rosea* y la harina de plumas comercial. Con ese fin, se llevó a cabo la determinación de la composición físico-química, digestibilidad de las proteínas, de los aminoácidos y el valor energético de cada una de las harinas. Los resultados demostraron que el producto fermentado, además de grasa (4,6%) y minerales (15,6%), principalmente contiene proteína cruda (67%) cuya digestibilidad es superior al 85% y equivalente a la de la harina comercial. Se determinó que la harina de plumas fermentadas aporta 2.220,6 Kcal/kg de energía metabólica aparente. La biomasa microbiana de *Kocuria rosea* enriqueció el producto fermentado en aminoácidos esenciales (lisina, metionina e histidina), ya que estaban presentes en mayor proporción (29, 22 y 34%) y disponibilidad (12, 11 y 5%) respectivamente respecto a la harina comercial. Este enriquecimiento, podría permitir reducir la suplementación de aminoácidos en las dietas y por ende los costos de producción en los sistemas de producción avícola. Los resultados obtenidos sugieren que la harina de plumas fermentadas por *Kocuria rosea* podría ser una fuente alternativa de proteína para la alimentación de las aves.

**Palabras clave:** *Kocuria*, plumas, fermentación, alimentación, aves.

### ABSTRACT

In this research project the nutritional value of fermented feathers meal using *Kocuria rosea* was compared with commercial

feathers meal. Experiments were carried out to determine the physical-chemical composition, amino-acids, protein digestibility and metabolic energy value in each of the feeds. The results showed that the fermented product beyond the fat (4.6%) and mineral (15.6%) content, mainly contains crude protein (67%), the digestibility of which was higher than 85%, equivalent to commercial feather meal. The fermented feather meal provided 2,200.6 Kcal/kg of apparent metabolic energy. The microbial biomass of *Kocuria rosea* enriched the essential amino acid content (29% lysine, 22% methionine and 34% histidine) and their availability (12, 11 and 5%, respectively) in comparison with commercial feather meal. This enrichment can reduce the use of amino acid supplementation and consequently feed costs. These results suggest that *Kocuria rosea* fermented feather meal may be used as a protein source in broiler chicken feed.

**Key words:** *Kocuria*, feathers, fermentation, broiler chicken, feed.

### INTRODUCCIÓN

En Venezuela, se consumen 65 kilogramos *per* cápita de proteína animal al año, de las cuales 44% corresponden a carne de pollo (29 kg x persona/año). Se estima que se producirán 712.299,57 Tm para el año 2004. Sin embargo, debido a los constantes aumentos de precio del alimento para los animales, por contener materias primas importadas como la soya, surge la necesidad de búsqueda de nuevos ingredientes proteicos rentables [12].

Entre las fuentes alternativas de proteína se encuentran las plumas, las cuales son formaciones epidérmicas especia-

les de las aves, constituidas en un 90% por proteína [15]. Las plumas representan el 4-7% del peso del animal, por lo que se estima obtener para el año 2004 cerca de 39.176,48 Tm como parte de los subproductos de la industria avícola. Aún cuando las plumas son un recurso alimenticio potencial, por ser queratina la proteína que las constituye, en su estado nativo presentan una digestibilidad muy baja. No obstante, comercialmente se elabora un producto conocido como harina de plumas hidrolizadas altamente digestible, en donde se modifica la estructura de la queratina mediante la aplicación de altas presiones y temperaturas. Sin embargo, su uso está limitado a un 4-5% en las raciones de pollos de engorde debido a que presenta deficiencias por su bajo contenido y digestibilidad de aminoácidos esenciales, tales como metionina, lisina, histidina y triptofano, lo que conlleva a la necesidad de incorporarlos como suplemento en las dietas [22].

Desde hace algunos años se ha señalado el aislamiento de microorganismos con actividad queratinolítica tales como *Streptomyces fradiae* [10]; *Bacillus licheniformis* [24]; *Bacillus* sp [18] capaces de degradar sustratos no convencionales como las plumas. Existen evidencias acerca de la utilización de este potencial microbiano en la búsqueda de tecnologías de índole biotecnológica, que permitan el uso de bacterias para modificar la queratina de las plumas en ausencia de tratamientos drásticos y obtener harina de plumas fermentadas enriquecida en aminoácidos [11, 25].

Recientemente, ha sido indicada la capacidad de *Kocuria rosea* de degradar plumas en fermentaciones sumergidas [7, 22] y en un estudio previo se ha desarrollado un esquema tecnológico para obtener harina de plumas fermentadas [4]. En este sentido, el presente trabajo tiene como finalidad comparar la calidad nutricional de las harinas de plumas fermentadas por *Kocuria rosea* versus la comercial, con base en la composición físico-química, digestibilidad de proteínas, disponibilidad aminoácida y valor energético.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Harina de plumas fermentadas y harina de plumas comercial

La harina de plumas fermentadas (HPF) fue un producto obtenido mediante el uso de la cepa *Kocuria rosea* (LPB-3) perteneciente al cepario del Laboratorio de Procesos Biotecnológicos del Instituto de Biología Experimental (IBE) de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Las condiciones experimentales y las características del medio de cultivo suplementado con plumas (30g/L) están basados en estudios previos [4]. El precultivo (5%) se realizó a  $40^{\circ}\text{C} \pm 1$  y 90 rpm durante 48 horas en erlenmeyers. Por su parte, el cultivo se llevó a cabo en un fermentador de 5 litros de capacidad (volumen de trabajo 3 L), controlado a  $40^{\circ}\text{C} \pm 1$ , 156 rpm y un volumen de aire inyectado de 1,8 vvm. La cantidad de biomasa en el curso de la fermentación se determinó por turbidimetría [22].

Finalizada la fermentación (26 horas), el caldo fue filtrado, para retener las plumas no degradadas, pasteurizado y deshidratado en un secador de tambor. El producto fue conservado en envases sellados y almacenado a  $5^{\circ}\text{C}$  hasta su posterior utilización.

La harina de plumas comercial (HPC) usada como referencia en el presente estudio, fue donada por una empresa procesadora de subproductos avícolas. El proceso industrial de fabricación de este tipo de productos, se inicia con el lavado de las plumas a fin de eliminarle restos de sangre y disminuir la presencia de otros subproductos (patas, cabezas) provenientes del matadero. Posteriormente, la materia prima es sometida a cocción y deshidratada [13, 14].

### Análisis físico-químico, perfil de aminoácidos y digestibilidad *in vitro* de las harinas de plumas

Ambas harinas fueron analizadas en su contenido de humedad, materia seca, cenizas, extracto etéreo, nitrógeno total, fósforo, proteína cruda y verdadera, de acuerdo a la metodología señalada por la AOAC [2]. El contenido de nitrógeno no proteico se determinó mediante el uso de ácido tri-cloroacético [5] y el calcio por titulación con permanganato de potasio [17]. El perfil de aminoácidos se realizó utilizando un analizador de proteínas Beckman (SYSTEM 300). La determinación de la digestibilidad *in vitro* en las muestras fue realizada mediante el método 1316-81 de la norma COVENIN [9].

El análisis de las muestras se realizó considerando a cada harina como un tratamiento con 4 repeticiones. El análisis estadístico de los valores obtenidos para las fracciones analizadas y sus digestibilidades *in vitro* se efectuó mediante la comparación de las medias aplicando el Test de Student. Siendo la  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  y la  $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$  para un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

### Prueba de balance digestivo

El ensayo se realizó en la Unidad Avícola Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ubicada en la carretera Intercomunal, vía Turmero, estado Aragua. La misma se encuentra localizada a 450 m.s.n.m., con precipitaciones y temperaturas medias anuales que varían entre 800 y 900 mm y  $25,5-26,5^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La prueba de balance se realizó siguiendo la metodología descrita por Sibbald [20] con las modificaciones realizadas por Almeida y col. [1]. Se emplearon gallos de la raza Rhode Island Red, adaptados a los eventos de manejo que implica la prueba. Los animales fueron distribuidos homogéneamente por peso en los distintos tratamientos. Además, fueron colocados previo acostumbramiento en jaulas metálicas individuales con dimensiones de  $43 \times 47 \times 26$  cm de alto, profundidad y ancho respectivamente. Estas jaulas estaban dotadas de un bebedero de copita y de una bandeja recolectora de heces, cuyas dimensiones eran ligeramente superiores a las de la jaula ( $35 \times 55$  cm) para asegurar una recolección efectiva de las heces.

Antes de iniciar el experimento, los gallos fueron sometidos a un ayuno de 48 horas para garantizar el vaciado total del tracto digestivo. Posteriormente, se alimentaron con una dosis única del alimento, en forma forzada por intubación, utilizando un embudo de acero inoxidable que se introdujo a través del esófago hasta la entrada del buche. Luego se colocó a cada ave una bolsa de plástico para la recolección de las heces, previamente pesada y adaptadas para ser fijadas a la cloaca de los gallos con ayuda de un arnés. Estas bolsas se mantuvieron en el ave durante 72 horas. Al finalizar este periodo de recolección, las excretas fueron pesadas y secadas en estufa con circulación de aire a 60°C por 4 días. Seguidamente fueron molidas y conservadas para los análisis respectivos.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos representados por las harinas fermentadas (T1) y comercial (T2), con 10 repeticiones de un gallo cada una. Debido a la naturaleza de las harinas, el ensayo fue diseñado para obtener los valores de los índices digestivos de manera indirecta. Para tal fin, se emplearon 3 grupos de 10 gallos que fueron alimentados cada uno, con dietas constituidas por maíz, vitaminas - minerales y harinas de plumas en las proporciones indicadas en la TABLA I, hasta completar 40 gramos. Adicionalmente, un cuarto grupo de animales fue dejado en ayuno para obtener los valores del endógeno. Una vez obtenidos los valores de los índices digestivos de las mezclas, se determinaron por diferencia los valores correspondientes a las muestras puras de harinas de plumas fermentada y comercial.

### Digestibilidad de las proteínas y disponibilidad de los aminoácidos

Los contenidos de humedad y nitrógeno de las heces se determinaron empleando las metodologías indicadas anteriormente. Para obtener el perfil de aminoácidos, las muestras de excretas por gallo fueron agrupadas para conformar un "pool" por tratamiento más el endógeno. En el caso de la digestibilidad de la proteína, las excretas fueron tratadas previamente para eliminar el ácido úrico [21]. Una vez determinada la digestibilidad de las dietas empleadas en el ensayo, se procedió a calcular la digestibilidad de cada una de las harinas mediante la siguiente expresión (base seca):

$$\%D = \frac{(g \text{ NDD}^1) - (g \text{ NDM} + \text{vit} - \text{Min})}{g \text{ de harina de plumas}} \times 100$$

donde:

NDD = Nitrógeno digerido en dietas

NDM = Nitrógeno digerido en maíz

1 = (en dietas de HPF o HPC) + maíz + Vit-Min. (TABLA I)

La digestibilidad o disponibilidad verdadera de los aminoácidos (DV<sub>aa</sub>) de cada una de las harinas se determinó mediante la siguiente expresión:

$$\%DV_{aa} = \frac{(g \text{ aa en HP}^1) - (g \text{ aa excretado} - g \text{ aa endógeno})}{g \text{ aa en harina de plumas}} \times 100$$

donde:

1 = se refiere a la HPF o HPC

aa = aminoácido

### Valor energético

La determinación de la energía bruta, se efectuó analizando las heces y las dietas en una bomba calorimétrica adiabática (Parr) empleando como estándar el ácido benzoico y tomando como diferencia máxima 30 Kcal entre las muestras. Los valores de la energía metabolizable aparente (EMA), verdadera (EMV), verdadera o corregida por nitrógeno (EMV<sub>n</sub>) de las dietas se estimaron según lo establecido por [20]. Posteriormente, se procedió a calcular los valores energéticos de cada harina utilizando la siguiente ecuación:

$$EM \text{ (Kcal/kg)} = \frac{(\text{Kcal EMD}^1) - (\text{Kcal EMM} + \text{vit} - \text{Min})}{\text{kg de harina de plumas}}$$

donde:

EMD = energía metabolizable en dieta

EMM = energía metabolizable en maíz

1 = (en dietas con HPF o HPC) + maíz + Vit-Min, (TABLA I)

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza para evaluar las diferencias entre los tratamientos usando el procedimiento estadístico GLM [19].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición de las harinas de plumas

La composición físico-química de la harina de plumas fermentadas por *Kocuria rosea* difiere significativamente

TABLA I  
DESCRIPCIÓN DE LAS DIETAS USADAS EN EL ENSAYO CON ANIMALES

Dieta	Relación entre los componentes de las dietas (%)			
	Maíz	HPF	HPC	Vit.-Min.
1	99	0	0	1
2	49	50	0	1
3	49	0	50	1

Harina de plumas fermentadas = HPF. Harina de plumas comercial = HPC. Vit.-Min = Vitaminas y minerales.

( $P < 0,05$ ) respecto a la comercial (HPC) en cuanto a materia seca, cenizas, grasa, fibra, carbohidratos, proteína cruda, proteína verdadera y nitrógeno no proteico (TABLA II). Sin embargo, se observa que son similares en cuanto al contenido de nitrógeno total. Adicionalmente, la composición de la HPC usada presenta niveles de humedad y grasa superiores a lo establecido en la norma COVENIN 1728-81 [8]. Posiblemente esto sea debido a la contaminación de la materia prima con otros desechos de la industria avícola tales como patas, cabezas, vísceras que afectan el contenido de proteína y su composición aminoacídica [14].

Por otra parte, en la HPF el 39,8% del contenido de nitrógeno total es nitrógeno no proteico (péptidos y aminoácidos), valor superior al obtenido en la HPC (8,6%). Este resultado puede estar relacionado con una mayor degradación de las plumas por acción de las enzimas proteolíticas excretadas por *Kocuria rosea*, con respecto a la HPC, obtenida mediante métodos físico-químicos, cuya proteína verdadera es superior (37%). Este parámetro también involucra el nitrógeno correspondiente a los ácidos nucleicos provenientes de la biomasa (que en las bacterias, representa entre el 15-25% de su composición) y al amonio [6]. Probablemente el contenido de este último en la HPF se encuentra en baja proporción debido a su volatilización durante el proceso de deshidratación.

Adicionalmente, el valor de calcio en la HPC (1,38%) es superior al valor observado en la HPF (0,2%) y al máximo requerido (0,4%) por la norma COVENIN 1728-81 [8]. Este resultado puede ser consecuencia del tipo de materia prima empleada en la fabricación de este producto y a la utilización de cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) para mejorar la hidrólisis de las plumas durante el procesamiento. En relación al contenido de fósforo se observa un mayor contenido en la HPF que en la muestra comercial, lo cual puede ser atribuido al aporte del fósforo de las sales usadas en la preparación del medio de cultivo.

Por otra parte, el perfil de aminoácidos del producto obtenido por fermentación muestra que más del 50% de los aminoácidos analizados (asp, thr, glu, ala, cys, met, ileu, tyr, his y lys) se encuentran en mayor proporción que en la HPC (TABLA III). Específicamente, existe un mayor aporte en al menos tres de aminoácidos esenciales (29% lisina; 22% metionina e histidina en 34%). Por su parte, la cisteína se encuentra en mayor proporción en la HPF (3,28%) respecto a la HPC (1,55%). Probablemente, el calor usado durante el procesamiento utilizado para obtener a la HPC conlleva al rompimiento de los enlaces disulfuro y a su eventual degradación [15].

Si se considera que la HPF provenía de un caldo de fermentación cuyo contenido final de biomasa fue de 2,64 g/L, el enriquecimiento aminoacídico observado en esta harina puede deberse al aporte de la biomasa microbiana que representa el 23,8% de esta harina. Cabe destacar que el aporte de biomasa de *Kocuria rosea* es superior al reportado en la literatura para la harina de plumas fermentadas por *Bacillus licheniformis* (0,008%), la cual además presenta un perfil de aminoácidos similar al de las plumas crudas [25]. Este resultado sugiere que el enriquecimiento aminoacídico observado en la HPF está influenciado por la relación entre la biomasa producida en la fermentación y la magnitud de las plumas degradadas.

#### Digestibilidad *in vitro* e *in vivo*

La TABLA IV muestra que el valor de la digestibilidad *in vitro* de la HPF (88%) es similar estadísticamente ( $P > 0,05$ ) al valor encontrado para la HPC (87%).

La evaluación directa con animales, reveló que la HPF presenta valores superiores de la digestibilidad aparente y verdadera del nitrógeno en 7,63 y 3,87 % respectivamente, respecto a la HPC (TABLA V). Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas ( $P > 0,05$ ).

TABLA II  
COMPOSICIÓN DE LA HARINA DE PLUMAS FERMENTADAS (HPF) Y DE LA HARINA DE PLUMAS COMERCIAL (HPC)

Análisis (%)	HPF	HPC	$t_c$	$t_t$ ( $n_1+n_2-2; \alpha/2$ )
Materia seca	93,79 ± 0,07	86,20 ± 0,05	176,51	2,447
Nitrógeno total	10,70 ± 0,26	11,00 ± 1,13	0,52*	
Proteína cruda	67,00 ± 0,26	70,00 ± 1,13	5,18	
Nitrógeno no proteico (NNP)	4,27 ± 0,01	0,96 ± 0,05	129,80	
Proteína verdadera	40,31 ± 0,014	64,09 ± 0,05	918,15	
Grasa	4,60 ± 0,19	8,40 ± 0,21	26,84	
Cenizas	15,60 ± 0,12	4,18 ± 0,06	170,70	
Fibra Cruda	0,39 ± 0,035	0,96 ± 0,049	19,33	
Carbohidratos	6,2 ± 0,07	2,66 ± 0,05	88,50	
Calcio	0,20 ± 0,02	1,38 ± 0,01	19,66	
Fósforo	1,58 ± 0,03	0,36 ± 5,10 <sup>-3</sup>	80,26	

Se rechaza la  $H_0$  si  $t_c > t_t$ , sólo para el parámetro marcado con asterisco no existen diferencias significativas entre las muestras.

**TABLA III**  
**PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE LA HARINA DE PLUMAS**  
**FERMENTADAS (HPF) Y DE LA HARINA DE PLUMAS**  
**COMERCIAL (HPC)**

Aminoácido (%)	HPF	HPC
Lys	3,46	2,46
Met	0,69	0,54
His	0,94	0,62
Cys	3,28	1,55
Asp	9,18	7,14
Thr	4,42	4,12
Glu	11,01	10,33
Ala	9,04	7,14
Tyr	1,37	1,10
Gly	12,05	14,76
Ser	6,45	8,42
Pro	10,79	11,45
Val	8,02	9,04
Ile	4,09	4,79
Phe	3,33	3,65
Leu	7,23	8,03

Si se compara la digestibilidad aparente de la HPF con respecto a la de la harina de soya, la cual es la principal fuente proteica usada en las raciones alimenticias para pollos de engorde, se observa que los valores son similares ya que la literatura indica para esta última un rango de digestibilidad aparente que varía entre 86 y 90% [16].

Adicionalmente, la HPF presenta una disponibilidad de aminoácidos superior en un 3% respecto a la HPC. Específicamente, presentan mayor disponibilidad de lisina, metionina e

histidina (12, 11 y 5%, respectivamente), respecto a la HPC (TABLA VI). Este resultado puede ser debido a que el tratamiento biotecnológico es menos drástico y permite obtener un producto con una mayor disponibilidad de aminoácidos esenciales. Este aspecto puede tener incidencias importantes en la reducción de los costos de alimentación de las aves al permitir disminuir el uso de suplementos aminoacídicos, generalmente importados y costosos.

#### Valor energético

Los valores promedios de energía metabolizable, en sus distintas modalidades de expresión (aparente (EMA), aparente corregido por nitrógeno (EMAn), verdadera (EMV) y verdadera corregida por nitrógeno (EMVn)), muestran diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) a favor de la HPC, donde se observan incrementos mayores a 600 kcal/kg respecto a la HPF (TABLA VII).

Este mayor valor energético de las HPC posiblemente este relacionado con la contaminación de éstas con otras partes del cuerpo del animal que derivan del sacrificio, tales como patas, cabezas, vísceras que incrementan los niveles de grasa y por lo tanto los valores de energía (TABLA II).

#### CONCLUSIONES

La bioconversión de las plumas mediante fermentación por *Kocuria rosea* permite obtener un producto rico en proteína, equivalente en cuanto a digestibilidad proteica a la harina comercial obtenida mediante el tratamiento térmico tradicional y cuyo aporte energético alcanza 2.220,6 Kcal/kg. Adicionalmente la biomasa bacteriana, incorporada al producto final, permite el enriquecimiento de esta harina en aminoácidos esenciales cuya disponibilidad es mayor que en la harina de plumas comercial. En su conjunto, los resultados obtenidos sugieren que la harina de plumas fermentadas por *Kocuria rosea*

**TABLA IV**  
**DIGESTIBILIDAD PROTEICA IN VITRO EN LA HARINA DE PLUMAS FERMENTADAS (HPF)**  
**Y DE LA HARINA DE PLUMAS COMERCIAL (HPC)**

Análisis (%)	HPF	HPC	$t_c$	$t_t$
Digestibilidad <i>in vitro</i>	88 ± 0,64	87 ± 0,64	2,076	2,447

**TABLA V**  
**DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA DE NITRÓGENO (%) DE LA HARINA DE PLUMAS FERMENTADAS (HPF)**  
**Y LA HARINA DE PLUMAS COMERCIAL (HPC)**

Digestibilidad	Tratamientos		EEM	Pr>F
	HPF	HPC		
Dan	97,0	89,6	2,77	0,1170
DVn	87,8	84,4	2,76	0,4433

DAn: Digestibilidad aparente del nitrógeno; DVn: Digestibilidad verdadera del nitrógeno.

**TABLA VI**  
**DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE LOS AMINOÁCIDOS LA HARINA DE PLUMAS FERMENTADAS (HPF)**  
**Y DE LA HARINA DE PLUMAS COMERCIAL (HPC)**

Aminoácido	Digestibilidad	
	HPF	HPC
Lys	77,45	68,29
His	84,05	79,63
Met	81,91	72,58
Cys	96,03	91,61
Thr	95,48	80,00
Asp	91,61	84,21
Pro	99,81	99,86
Glu	87,83	87,03
Ala	98,78	98,46
Leu	95,15	95,64
Gly	88,71	90,78
Val	83,29	85,18
Ileu	93,15	94,09
Phe	92,79	93,42
Tyr	81,75	85,00
Ser	91,63	93,59
<b>Promedio</b>	<b>89,96</b>	<b>87,46</b>

Los valores reportados son el promedio de 2 repeticiones.

**TABLA VII**  
**ENERGÍA METABÓLICA DE LA HARINA DE PLUMAS FERMENTADAS (HPF)**  
**Y DE LA HARINA DE PLUMAS COMERCIAL (HPC)**

Parámetro (Kcal/kg)	Tratamientos			
	HPF	HPC	EEM	Pr<F
EMA	2220,6	2883,5	96,50	0,0005
EMAn	2219,9	2882,8	96,53	0,0004
EMV	2287,8	2972,9	93,58	0,0003
EMVn	2030,1	2693,1	96,55	0,0005

EMA= Energía metabólica aparente. EMAn= Energía metabólica aparente corregida por nitrógeno. EMV= Energía metabólica verdadera. EMVn= Energía metabólica verdadera corregida por nitrógeno.

puede ser una fuente de proteína alternativa para la alimentación de las aves.

#### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el apoyo de FUNDACITE-Aragua (1999-FRH-02-05-02-1) y FONACYT (S1-2001000728). Al BIP-CNRS de Marseille (Francia) por el análisis de aminoácidos y a la Unidad Avícola Experimental del INIA (Turmero, Edo. Aragua-Venezuela) por las facilidades en la realización de las pruebas zootécnicas.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, J.; BAPTISTA, E. A new approach to the quantitative collection of excreta from birds in a true metabolizable energy bioassay. **Poult. Sci.** 63:2501-2503. 1984.
- [2] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the A.O.A.C.** 15<sup>th</sup> edition. Washington D.C. 69-88 p.1990.
- [3] BAKER, D.; BLITENTHAL, R.; BOEBEL, K.; CZMECKI, G.; SOUTHERN, L.; WILLIS, G. Protein amino-acid

- evaluation of steam-processed feather meal. **Poult. Sci.** 60:1865-1872. 1991.
- [4] BERTSCH, A. "Obtención de un hidrolizado proteico enriquecido con la proteína unicelular producto de la fermentación de plumas de aves de corral". UCV-Fac. Ciencias. Tesis de MSc. Caracas. Venezuela. 80 p. 2001.
- [5] BYNUM, D.; BARBANO, D. Whole milk reverse osmosis retentates for cheddar cheese manufacture. Chemical changes during aging. **J. of Dairy Science.** 68: 1-10.1985.
- [6] BU'LOCK, J.; KRISTIANSEN, B. Biotecnología Básica. Edit. Acribia. Zaragoza. España. 553 pp.
- [7] COELLO, N.; VIDAL, L.; BRETaña, A. 2000. Aislamiento de una cepa de *Kocuria rosea* degradadora de plumas de aves de corral. **Rev. Cient. FCV-LUZ.** X(2):107-113. 1991.
- [8] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN).1728-81. Alimentos para Animales. Harina de plumas hidrolizadas. Caracas. 1981.
- [9] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN).1316-81. Alimentos para Animales. Determinación de digestibilidad de las proteínas de origen animal. Caracas. 1981.
- [10] ELMAYERGI, H.; SMITH, R. Influence of growth of *Streptomyces fradiae* on pepsin-HCL digestibility and methionine content of feather meal. **Can. J. Microbiol.** 17: 1067-1072. 1971.
- [11] DE MACEDO, M.; SEGURA, R.; PIÑERO, J.; COELLO, N. Obtención de un hidrolizado proteico por fermentación sumergida de plumas utilizando *Bacillus* spp. **Rev. Cient. FCV-LUZ** XII(3):214-220. 2002.
- [12] GRUPO GERENTE. Avicultura: cero out, cero carreras, en Los 100 sectores de la economía (Análisis sectorial).**Gerente 500.** Edición Extraordinaria 2000-2001. Grupo Gerente América. C. A., 43 p.2000.
- [13] HOMER, P.; SHAIBLE, P. Poultry: Feed and Nutrition. **AVI Publishing Company INC.** Westport. Connecticut. USA.293-298 pp. 1980.
- [14] HOLLMEYER, R. Subproductos Avícolas. **Industria avícola.** Octubre 94: 14-18. 1994.
- [15] MORAN, E.; SUMMERS, J.; SLINGER, S. Keratin a source of protein for the growing chick. I. Amino acid imbalance as the cause for inferior performance of feather meal. **Poult. Sci.** 45: 1257-1266. 1966.
- [16] ODREMAN, B. Caracterización nutricional de harina de soya y harina de subproductos de aves utilizados para la alimentación de pollos de engorde. UCV-FAGRO. Tesis de MSc. Maracay.123 p. 1988.
- [17] PEARSON, D. Técnicas de laboratorio para el análisis de Alimentos. Edit. Acribia. Zaragoza, España.329 p.1976.
- [18] PIÑERO, B.; VIDAL, L.;COELLO, N. Aislamiento y caracterización de una cepa de *Bacillus* sp. degradadora de plumas de aves de corral. **Rev. Cient. FCV-LUZ.** 10(2): 124-129. 2000.
- [19] Statistical Analysis System Institute. **SAS for linear models. A guide to the ANOVA and GLM procedures.** Cary, NC. 231 pp.1991.
- [20] SIBBALD, I. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. **Poult. Sci.**55:303-308. 1976.
- [21] TERPSTRA, K.; HART,N. The estimation of urinary nitrogen and fecal nitrogen in poultry excreta. **Z. Tierphysiol. Tiernähr.U.Futtermittelkde.** 32:306-320. 1973.
- [22] VIDAL,L.; CHRISTEN,P.; COELLO,N. Feather degradation by *Kocuria rosea* in submerged culture. **Wld. J. Microbiol. Biotechnol.** 16:1-4. 2000.
- [23] WANG, C.; PARSONS,C. Effect of processing system on protein quality of feather meal and hog hair meals. **Poult. Sci.**76: 491-496. 1997.
- [24] WILLIAMS,C.; RICHTER, C.; MACKENZIE, J.; SHIH, J. Isolation, identification and characterization of a feather degrading bacterium. **Appl. Environ. Microbiol.** Jun. 90: 1509-1515. 1990.
- [25] WILLIAMS, C.; LEE,C.; GARLICH, J.; SHIH, J. Evaluation of a bacterial feather fermentation product featherlysate, as a feed protein. **Poult. Sci.** 70: 85-94. 1991.