

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA PRESIÓN Y VELOCIDAD DE
ALIMENTACIÓN EN UN PROCESO DE PELETIZADO DE UN ALIMENTO
BALANCEADO**

**EVALUATION OF THE EFFECT OF PRESSURE AND SPEED POWER OF A
PELLETING PROCESS IN A FOOD BALANCED**

Gabriel Aular¹, Jacovelin Morales², Mirna Landaeta²

¹MSc Agroindustrial, Consorcio Oleaginoso Portuguesa S.A. (COPOSA)

Carretera Vía Payara s/n, Sector Piedras Blancas, Acarigua – Portuguesa, Venezuela. E-mail: aulargabriel@gmail.com

²MSc Agroindustrial, Programa Ciencias del Agro y del Mar, Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales, UNELLEZ - San Carlos, Venezuela.

Recibido: 17-02-2012 Aceptado: 16-04-2012

RESUMEN

En este estudio se evaluó el efecto de la presión y velocidad de alimentación en un proceso de peletizado de un alimento balanceado para pollos de engorde. Inicialmente se caracterizó la mezcla de la formulación de los ingredientes y se logró obtener un producto capaz de satisfacer los valores mínimos exigidos de proteína cruda, grasa, fósforo, así como también el contenido de fibras y calcio. La digestibilidad de proteínas que se alcanzó fue de 67,25% siendo inferior al 80% deseable en aves de engorde. El efecto de los factores experimentales presión y velocidad de alimentación se realizó bajo un diseño factorial 3², y análisis de la varianza para las respuestas digestibilidad de proteínas y humedad, con un nivel de confianza del 95%. En la digestibilidad de proteínas se encontró un efecto estadístico altamente significativo para los términos X₁ y X₂, y para la humedad fueron significativos los términos X₁, X₁*X₂ y X₂*X₂. Los coeficientes de determinación R² para cada uno de los modelos fueron de 96,86% y 89,87% respectivamente, superiores al 80%. La co-optimización para el proceso de peletizado del alimento balanceado se realizó con niveles de X₁: Presión (40 psi) y X₂: Velocidad de alimentación (100 rpm) la combinación óptima operativa que permite fabricar un producto terminado con las siguientes características: digestibilidad de proteínas 74,06% y humedad 13,38%.

Palabras clave: Alimento peletizado, Digestibilidad, Co-optimización.

SUMMARY

This study evaluated the effect of pressure and feeding speed in a process of pelletizing of a balanced feed for broilers. At first the mixture of the formulation of ingredients was characterized and it was obtained a product able to satisfy the required values of minimum

crude protein, fat, phosphorus, as well as fiber and calcium content. The digestibility of protein reached was from 67.25% to 80% being less desirable in broilers. The effect of experimental factors pressure and feed rate were performed under a 3^2 factorial design and analysis of variance for responses digestibility of protein and moisture, with a confidence level of 95%. The protein digestibility found a highly significant statistical effect for terms X_1 and X_2 , and moisture were significant terms X_1 , X_2 and X_1 , $X_1 * X_2$ y $X_2 * X_2$. The coefficients of determination R^2 for each of the models were 96.86% and 89.87% respectively, over 80%. The co-optimization of the feed pelleting process was performed with balanced levels X_1 : Pressure (40 psi) and X_2 : Feeding speed (100 rpm) gives the optimal operational combination which allows manufacturing a finished product with the following characteristics: 74.06% digestibility of protein and 13.38% moisture.

Key words: Pelleted feed, digestibility, Co-optimization

INTRODUCCIÓN

Son varias las ventajas del uso de peletizados en la alimentación animal, como económicas, menor volumen de almacenamiento, facilidad de transporte, mejoras sanitarias y otros que benefician directamente al productor (De La Torre, 2008). El peletizado es una operación de moldeo termoplástico en el cual las partículas de una ración, finamente divididas, se integran en un pellet compacto y de fácil manejo, el cual incluye condiciones específicas de humedad, temperatura y presión (Travez, 2010).

Se sabe que al peletizar las raciones de las aves de engorde, aumenta la ganancia de peso y mejora la eficiencia alimenticia, comparada con dietas en forma de harina, no procesadas. Las proteínas al aplicarse calor, se desnaturalizan y las moléculas que resultan de la polimerización, forman cadenas de aminoácidos paralelas, unidas por enlaces transversales poco numerosos, los cuales son fáciles de romper aumentando su digestibilidad y absorción en el tracto digestivo.

La digestibilidad es uno de los indicadores más utilizados para determinar la calidad de las proteínas debido a que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma medida. Las diferencias en digestibilidad pueden deberse a factores inherentes a la naturaleza de las proteínas alimentarias, a la presencia de componentes no proteicos con

influencia en la digestión (fibra de la dieta, taninos, fitatos), a la presencia de factores anti fisiológicos o a las condiciones de elaboración que pueden interferir en los procesos enzimáticos de liberación de los aminoácidos. Por esta razón se realizó la evaluación del efecto de la presión y velocidad de alimentación del proceso de peletizado sobre la concentración final de proteínas digeribles en un alimento balanceado para pollo de engorde, con el fin de co-optimizar las variables de respuestas: digestibilidad de proteínas y humedad del alimento concentrado.

MARCO METODOLÓGICO

Población y Muestra

La población de la investigación consistió en el alimento balanceado para pollos de engorde, proveniente de la mezcla de los ingredientes que constituyen la fórmula estructurada nutricionalmente. Las muestras fueron el producto obtenido del peletizado del alimento balanceado, la unidad experimental estuvo representada por cantidades de 2 Kg.

Diseño de observación

La investigación fue de carácter experimental y exploratorio, en el proceso de peletizado de alimentos balanceados, en condiciones controladas bajo diseño estadístico factorial 3^2 , los datos obtenidos se analizaron mediante ANAVAR y perfiles de deseabilidad multirrespuesta, que sirvieron para estimar el comportamiento de las respuestas al variar la presión de trabajo y velocidad de alimentación del proceso de peletizado.

Para obtener el alimento balanceado se procedió a partir de una fórmula estructurada nutricionalmente para pollos de engorde, operacionalmente se realizó el molido de los macroingredientes (cereales) por medio de un molino de martillo marca General Design de 150 HP de potencia, con capacidad de molienda de 15 TM/Hr, el producto obtuvo una granulometría de 3 mm. Posteriormente se realizó el mezclado de todos los constituyentes de la fórmula del alimento en un mezclador de cintas helicoidales marca General Design con capacidad de 3200 Kg y potencia de 60 Hp, el cual giraba a una velocidad de 30 rpm.

Una vez mezclados los ingredientes del alimento se procedió a peletizarlo en una prensa de acondicionador simple marca Sprout Matador de 180 HP y capacidad de 10 TM/Hr, el producto a la salida de la prensa tenía una temperatura de 90 °C. Se realizó el enfriamiento del alimento peletizado por medio de una enfriadora horizontal de bandejas marca

California Pellet Mill de 18 TM/Hr de capacidad. A la salida de la enfriadora el producto obtuvo una temperatura de 35 °C. El alimento para pollos de engorde se empacó en sacos de polipropileno de 40 Kg de capacidad y fue almacenado en condiciones bajo techo a temperatura ambiental de 32 °C.

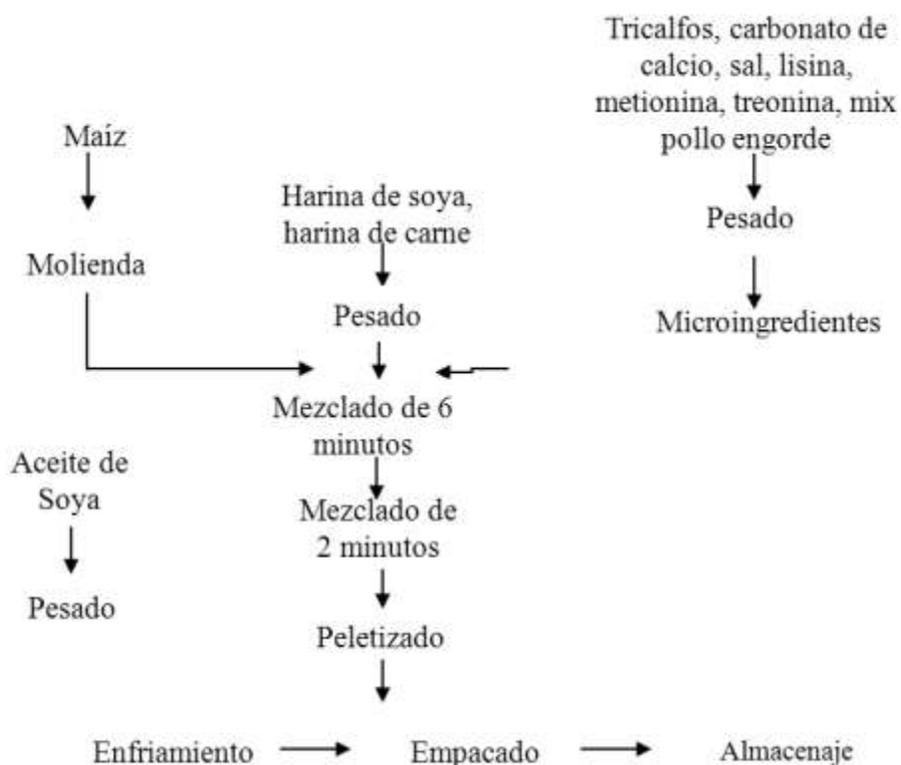


Figura 1. Proceso de elaboración del alimento balanceado para pollos de engorde.

Diseño estadístico

Las unidades experimentales fueron el producto del alimento peletizado para pollos de engorde, el cual se tomó en la descarga de la prensa peletizadora de la empresa Alimentos Balanceados Tinaquillo, C.A ubicada en el Municipio Tinaquillo del Estado Cojedes. Las unidades experimentales estuvieron conformadas por 2000 gr del alimento peletizado para pollos de engorde, tal como lo muestra la tabla 1 para un diseño factorial 3^2 de 2 bloques, para un total de 18 tratamientos completamente aleatorizados.

Tabla 1. Matriz de diseño factorial 3^2 con variables codificadas y naturales.

Factores	-1	0	1
X ₁ : Presión (psi)	20	30	40
X ₂ : Velocidad (rpm)	100	130	160

Una vez obtenidas las variables de respuestas proteína digerible y humedad del alimento peletizado, se procedió a la elaboración de un perfil de deseabilidad con la superposición dinámica de las graficas de superficie de respuestas para co-optimizar dicho proceso, con la finalidad de obtener valores maximizados de las variables independientes del estudio.

Estudio piloto

Se inició la fase experimental de la investigación con la realización de un estudio piloto, el alimento se elaboro con las condiciones de presión y velocidad de alimentación establecidas en la empresa, los resultados mostraron que solo 67,25% de estas determinaciones permitieron diagnosticar el perfil proteico del producto y compararlo con los requerimientos nutricionales para el pollo de engorde. Los resultados de digestibilidad de proteínas en pepsina reportaron valores por debajo de lo recomendado por Castro (2007), en donde concluyó que los alimentos con una digestibilidad igual o superior al 80% en materia seca son los apropiados para los animales, debiendo rechazarse cualquier alimento cuya digestibilidad sea inferior al 65%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal de la mezcla del alimento balanceado para pollos de engorde

Al inicio de la fase experimental se realizó la caracterización de la mezcla del alimento por medio de un análisis proximal con el propósito de conocer sus propiedades bromatológicas, tal como se muestra en la tabla 2. Los resultados obtenidos coinciden con los valores reportados por Pérez (2006) en la obtención de un alimento balanceado para pollos con proteínas del 18%. Por otro lado se puede hacer referencia en cuanto a los parámetros de calidad establecidos en este rubro, que de acuerdo a la norma Covenin (1983) referida a alimentos para aves.

En cuanto a la humedad se observa un valor más bajo al referido por la norma Covenin (12,5%) y esto se debe a que es la mezcla acondicionada y no el producto terminado. El contenido de grasa de la mezcla del alimento cumplió con lo exigido por la norma Covenin (1881-83), la cual indica un valor mínimo de 4,5%. El valor determinado para el contenido de fósforo coincidió con el reportado por Pérez (2006), en la cual obtuvo un valor mínimo de 0,38% para las aves de engorde.

Tabla 2. Análisis proximal de la mezcla del alimento balanceado para pollos de engorde, por cada 100g.

Determinación	Valor promedio	Desviación estándar
Proteína cruda	19,84	0,07
Grasa Cruda	9,14	0,12
Humedad	10,08	0,07
Fibra	3,34	0,17
Calcio	0,83	0,02
Fósforo	0,60	0,02
Carbohidratos (*)	50,76	0,26
Cenizas	5,41	0,14

Fuente: Datos propios

(*) Calculados por diferencia

Análisis estadístico de los datos experimentales

El alimento balanceado para pollos de engorde fue peletizado con los factores manipulados de presión y velocidad de alimentación generado por el diseño factorial de 3 niveles con 2 factores a controlar, con el propósito de conocer las respuestas digestibilidad en pepsina y contenido de humedad, como se observa a continuación en la tabla 3.

Para el análisis de las variables de respuestas se utilizó un ANAVAR, con la prueba de Fisher (F) para determinar el efecto de los factores experimentales de este estudio a un nivel de significancia del 95%. Además se comprobaron los supuestos del análisis de varianza para que la misma pueda ser válida, para eso se requiere que los errores cumplan con los siguientes supuestos: que los errores se distribuyan de forma normal, independientes, con media cero y varianza constante [\sim NID (0, σ^2)].

Tabla 3. Resultados experimentales para la variable proteínas digeribles (%PD) y de

Tratamientos	Presión	Velocidad	%PD	%Humedad	humedad (%H).
1	40	100	75,67	13,33	
2	30	130	59,41	12,35	
3	20	160	52,65	12,39	
4	30	100	66,54	12,71	
5	40	160	55,04	12,98	
6	30	160	53,09	12,63	
7	40	130	64,01	12,84	
8	20	100	57,72	12,21	
9	20	130	57,39	12,03	
10	30	160	52,38	12,16	
11	20	130	57,93	11,75	
12	40	130	63,01	12,79	
13	30	100	65,08	12,24	
14	40	100	73,89	13,48	
15	20	160	50,74	12,4	
16	30	130	61,05	12,25	
17	40	160	56,78	12,96	
18	20	100	56,64	11,80	

Resumen del análisis de varianza para la respuesta proteína digerible y humedad del alimento balanceado

En la tabla 4 del resumen de ANAVAR de la respuesta proteína digeribles se observa que existe un efecto estadístico altamente significativo para los tratamientos sobre la variabilidad de Y_1 , con un valor $p < 0,01$, indicando que las unidades experimentales fueron suficientes para predecir los cambios en esta respuesta, al igual ocurre con los términos lineales X_1 y X_2 del modelo y son significativos representados con valores de $p < 0,05$ y también cuando se combinan los factores $X_1 * X_2$, tomando un nivel de significancia del 95%, lo que indica que la X_1 : Presión y X_2 : Velocidad de alimentación afectan la variabilidad en la digestibilidad de las proteínas presentes en el alimento balanceado para pollos de engorde.

Para la respuesta contenido de humedad se muestra que existe un efecto estadístico altamente significativo para los tratamientos y la regresión total sobre la variabilidad de dicha respuesta en el alimento balanceado para el engorde de pollos. Es importante resaltar que en el modelo poblacional construido, solo los términos lineales y cuadráticos X_1 , X_1*X_2 y X_2*X_2 , presentaron valores de $p < 0,05$, indicando así que el factor velocidad de alimentación en los niveles estudiados no afecta de forma significativa la variabilidad de la humedad en el producto terminado.

En ambas respuestas de digestibilidad de proteína y humedad del alimento balanceado para consumo de pollos de engorde, los coeficientes de determinación R^2 explican el 96,86% y 89,87% de la variabilidad del alimento concentrado, son afectadas por los factores experimentales presión de vapor y velocidad de alimentación a tres niveles de estudio, bajo las condiciones controladas en que se desarrolló el experimento. Según Chacín (2000) los modelos que predicen por encima de 80% se consideran como buenos.

Tabla 4. Resumen de los ANAVAR para las respuestas estudiadas.

Fuente de variación	Digestibilidad (%)	Humedad (%)
Tratamiento	**	**
Regresión	**	**
X1	**	**
X2	**	**
X1*X1	n.s.	n.s.
X2*X2	*	n.s.
X1*X2	*	**
Falta de Ajuste	n.s.	*
Error Puro	*	*
Error Experimental		
R^2	96,86%	89,87%

* Significativo ($p < 0,05$). ** Altamente Significativo ($p < 0,01$). n.s. No significativo ($p \geq 0,05$).

Co-optimización multirespuesta de los factores experimentales digestibilidad de proteína y humedad del alimento balanceado para pollo de engorde.

La co-optimización consistió en maximizar la respuesta digestibilidad de proteína de acuerdo con lo sugerido por Mora (2002), sin que la respuesta humedad sobrepasara de

13,5% según Farfán (2011), con la finalidad de obtener los valores de presión de vapor y velocidad de alimentación en el peletizado. En la figura 2 se muestran los perfiles de predicción (maximización y minimización), observándose que con niveles de X_1 : Presión (40 psi) y X_2 : Velocidad de alimentación (100 rpm) se obtiene la combinación óptima operativa que permite obtener un producto terminado con las siguientes características: Proteína digerible: 74,06 y Humedad: 13,38%. En el caso que se deseara obtener un producto más bajo en humedad se debe prolongar el enfriamiento después del peletizado y tomar en cuenta el contenido de agua en las materias primas.

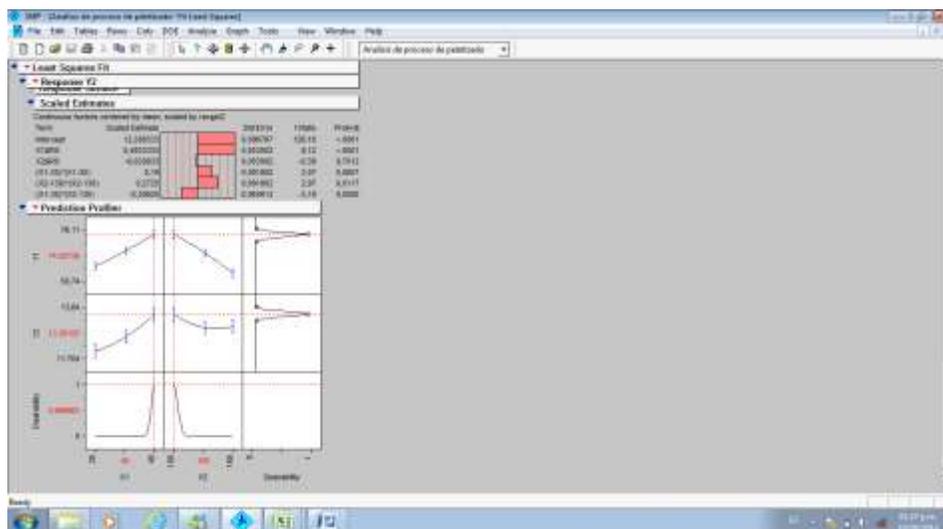


Figura 2. Perfiles de deseabilidad multirespuesta para los factores experimentales del estudio.

CONCLUSIONES

- En el estudio piloto realizado para cuantificar la digestibilidad de proteína cruda de la fórmula de alimento para pollos de engorde de la empresa Alimentos Balanceados Tinaquillo C.A., se encontró un valor de 67,25%, siendo este muy bajo de acuerdo a la referencia de algunos autores mencionados durante la investigación, por lo que se hace necesario el mejoramiento de esta variable.
- En el ANAVAR para la respuesta digestibilidad de proteínas se encontró un efecto estadístico altamente significativo para los tratamientos, donde los términos de mayor significancia para predecir los cambios de dicha respuesta fueron X_1 , X_2 y su interacción $X_1 * X_2$, con valores de $p < 0,05$.

- Para el análisis de varianza de la respuesta humedad se observó que existe un efecto estadístico altamente significativo para los tratamientos y la regresión total sobre la variabilidad de dicha respuesta en el alimento balanceado para el engorde de pollos, donde los términos significativos fueron X_1 , $X_1 * X_2$ y $X_2 * X_2$, presentaron valores de $p < 0,05$, con un nivel de confianza del 95%.
- La co-optimización para el proceso de peletizado del alimento balanceado se realizó con niveles de X_1 : Presión (40 psi) y X_2 : Velocidad de alimentación (100 rpm) se obtiene la combinación óptima operativa que permite fabricar un producto terminado con las siguientes características: digestibilidad de proteínas 74,06 % y humedad 13,38%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, E., Avila L. 2007. Determinación de la digestibilidad de la proteína por métodos in vitro. Fundación Chile.
- Chacin, F, 2000. Análisis y diseños de experimentos. Ediciones del Postgrado de Estadística. U.C.V Maracay. 467 páginas.
- De la Torre, 2008. Evaluación de la gallinaza como reemplazo a la harina de pescado en la elaboración de dietas aglomeradas para cuyes (*Cavia porcellus*). Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador.
- Mora. I., 2002. Nutrición Animal. Editorial EUNED. Zaragoza-España
- Perez, M. 2006. Evaluación de diferentes dosis de una mezcla enzimática de xilanasas, proteasas y amilasas en dietas a base de maíz y soya para pollos de engorde. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala
- Travez M., Luis F. 2010. Diseño de la unidad de lavado, secado y molienda para el proceso de obtención de harina de lombriz (en línea). Disponible en. Quito. Consultado 27 de marzo 2012.
- Venezuela 1983. Norma N° 1881. Alimentos completo para aves. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Caracas, junio 12.