

**EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE DIFERENTES PROCESOS DE
DESACTIVADO (EXTRUSIÓN Y VAPOR) EN EL GRANO DE SOJA
SOBRE EL DESEMPEÑO DE LAS AVES**

Trabajo Final de Grado
del alumno



**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 28 de septiembre de 2018

**EVALUACIÓN DE LA COMBINACIÓN DE DIFERENTES PROCESOS DE
DESACTIVADO (EXTRUSIÓN Y VAPOR) EN EL GRANO DE SOJA
SOBRE EL DESEMPEÑO DE LAS AVES**

Trabajo Final de Grado

del alumno

MARIANO PAVESE

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

(Nombre y Apellido)
Evaluador

Bernardo F. Iglesias
Director

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 28 de septiembre de 2018

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
La soja	3
Origen y producción	3
Composición	4
Procesamiento térmico.....	6
HIPÓTESIS	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Actividad ureásica.....	9
Solubilidad de proteínas en medio alcalino (KOH 0,2%)	10
Inhibidores de tripsina.....	10
Energía metabolizable verdadera	11
Prueba de crecimiento	12
Diseño experimental	14
Parámetros evaluados	15
Análisis estadístico.....	15
RESULTADOS.....	16
Efecto de procesos sobre el contenido de nutrientes	16
Energía y parámetros de calidad de desactivado	16
Resultados zootécnicos	18
Consumo.....	18
Peso.....	19
Conversión	19
Peso/Conversión.....	20
Costo de alimentación.....	21
DISCUSIÓN	21
Efecto de procesos sobre el contenido de nutrientes	21
Calidad de desactivado y contenido de energía	22
Resultados zootécnicos	23
CONCLUSIONES.....	25
Parámetros de laboratorio	25

Parámetros zootécnicos	25
BIBLIOGRAFÍA	26

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición porcentual del grano de soja y contenido de energía.....	4
Tabla 2. Detalles de los procesos aplicados al grano de soja	9
Tabla 3. Tratamientos empleados en la prueba de crecimiento.....	12
Tabla 4. Composición y costo de las dietas experimentales	13
Tabla 5. Aporte de nutrientes de la soja sometida a los diferentes procesos evaluados.....	16
Tabla 6. Energía y parámetros de calidad de los procesos evaluados.....	17
Tabla 7. Consumo acumulado (gramos).....	18
Tabla 8. Peso (gramos)	19
Tabla 9. Conversión.....	19
Tabla 10. Relación peso/conversión.....	20
Tabla 11. Costo de alimentación de los pollos con los diferentes tratamientos	21

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aprovechamiento de la energía bruta e inhibidores de tripsina en los diferentes tratamientos.....	18
Figura 2. Resultados zootécnicos con Harina de Soja como Control, Extrusión y la combinación Vapor/Extrusión a los 35 días.....	20

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y a Bernardo Iglesias por el apoyo brindado en el presente trabajo.

RESUMEN

La soja es la fuente de proteínas por excelencia en las raciones para las aves, sin embargo, presenta una serie de factores antinutricionales tales como fitohemaglutininas (lectinas), anti-vitaminas, factores goitrogénicos, inhibidores de tripsina (IT), entre otros. Considerando que dichos factores en su mayoría son termolábiles; es necesario realizar un procesamiento térmico para desactivarlos y minimizar su contenido. El proceso de desactivado por vapor es una alternativa que se caracteriza por controlar los IT, pero sin lograr una digestibilidad de nutrientes elevada. Otro proceso es la extrusión seca, que a diferencia del vapor, logra una mejor digestibilidad, sin embargo los IT disminuyen en menor proporción. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la combinación de los dos procesos (extrusión y vapor) sobre el desempeño de pollos parrilleros. Se llevaron a cabo estudios de laboratorio y una prueba de crecimiento. En la etapa de laboratorio se evaluaron cinco materiales: soja desactivada por Vapor, soja desactivada por Extrusión, combinación de procesos Vapor/Extrusión tanda 1, combinación de procesos Vapor/Extrusión tanda 2 y Harina de soja. Todas las muestras se analizaron por espectroscopía del infrarrojo cercano (NIRS) para conocer su contenido de humedad, proteína bruta, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y se realizaron análisis de actividad ureásica, solubilidad de proteínas en KOH, inhibidores de tripsina y energía metabolizable verdadera (EMV). En la prueba de crecimiento se emplearon 720 pollitos BB machos de la línea Cobb-500, la alimentación estuvo dividida en tres fases: Iniciador (1 a 8 días); Crecimiento (9 a 21 días); Terminador (22 a 35 días), la duración de la prueba fue de 5 semanas. Se consideraron tres tratamientos, T1-Harina de Soja como Control, T2-Extrusión, T3-Vapor/Extrusión tanda 2; se evaluó consumo, peso corporal, conversión, peso/conversión y mortalidad. Los resultados observados estuvieron dentro de lo esperado para composición y aporte de nutrientes tales como materia seca, proteína bruta, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas. Dentro de energía y calidad de desactivado, los resultados de solubilidad de proteínas de la primera tanda de combinación de procesos indicaron que hubo un sobreprocesado o calentamiento excesivo del material, por lo que se debió extrusar una nueva partida de soja

desactivada previamente por vapor, modificando las condiciones de la extrusora. En la prueba de crecimiento no se observaron diferencias en el desempeño de las aves al comparar el Control a base de Harina de Soja con soja Extrusada. Por el contrario, el doble proceso tuvo los resultados zootécnicos más bajos desde los 15 días de vida hasta el final de la prueba. Se concluye que esta respuesta estaría asociada a una pérdida en la digestibilidad de nutrientes generada al modificar las condiciones del proceso para evitar sobreprocesamiento del material. Se discute una alternativa para evaluar una nueva combinación de procesos y superar el resultado adverso observado.

Palabras clave: Extrusión, Vapor, Combinación de procesos de desactivado, Avicultura, Digestibilidad

INTRODUCCIÓN

La industria avícola es la actividad pecuaria de mayor crecimiento en los últimos años, generando alimentos de alto valor nutricional, como huevo y carne (Echegaray 2006).

Entre 2003 y 2012, el sector avícola triplicó su producción, duplicó el nivel de consumo per cápita y pasó a exportar diez veces más. En la actualidad, Argentina es el octavo productor mundial de carne aviar, con una producción de 1,94 millones de toneladas, lo que implica una faena de 704 millones de cabezas, con un consumo de 42,6 kg por persona por año y un consumo aparente 1,8 millones de toneladas. Además es el octavo exportador mundial de carne aviar, llevando sus productos a más de 60 países (Lamelas *et al.*, 2017). Esta alta productividad del sector lleva consigo la necesidad de generar y disponer de alimentos balanceados de gran calidad.

La soja

El grano de soja (*Glycine max* L.) es la fuente de proteína por excelencia en raciones para aves, y gracias a su contenido de aceite, también se convierte en una materia prima de alto contenido energético (Echegaray, 2006).

Origen y producción

El cultivo de soja surge alrededor del año 3000 A.C. en el norte y centro de China. En Argentina se cultivó por primera vez en el año 1862, pero no prosperó debido a la falta de conocimientos sobre su manejo y principalmente su cosecha, la primera exportación (6000 toneladas) fue en 1962 hacia Hamburgo, Alemania, pero la producción tuvo un incremento notorio a partir de los años setenta. Este incremento en la producción se debió, no solo a un aumento de la superficie implantada, sino también a un aumento en los rendimientos gracias a la biotecnología aplicada a la semilla y a las mejores prácticas agrícolas, como lo es la siembra directa (Ridner *et al.*, 2006).

Según datos del Ministerio de Agroindustria, la producción nacional de soja pasó de 38,3 millones de toneladas en la campaña 2004/2005 a 58,8 millones de toneladas en la campaña 2015/2016; la superficie sembrada pasó de 14,4 millones

de hectáreas a 20,5 millones de hectáreas y el rendimiento promedio de 2728 kg/ha a 3015 kg/ha (MinAgro, 2017). Esto implica la expansión del cultivo hacia áreas marginales con un consecuente desplazamiento de la ganadería (Ridner *et al.*, 2006).

Composición

El grano de soja está compuesto por agua, proteínas, glúcidos, lípidos y minerales. En la tabla 1 se muestran cada uno de sus componentes y concentración porcentual.

Tabla 1. Composición porcentual del grano de soja y contenido de energía

Nutriente	%
Proteínas	36,5
Fibra cruda	9,3
Glúcidos	20,9
Agua	8,5
Lípidos	19,9
Cenizas	4,9
Energía metabolizable verdadera (kcal/kg)	3922*

Resultados expresados en base tal cual

Adaptado de la base de datos del Ministerio de Agricultura de EEUU (USDA, 2013).

*Datos propios del Sector Aves de INTA-EEA Pergamino de soja extrusada.

Proteínas

Se clasifican en proteínas de reserva y proteínas biológicamente activas o del metabolismo celular. Las del primer grupo son la glicina y la β -conglucina, localizadas en mayor medida en los cuerpos proteicos del grano maduro, son solubles a pH 8 y no poseen elevada cantidad de metionina y cisteína. Las del segundo grupo se localizan en el resto de la célula, menos en los cuerpos proteicos, son solubles en todo el rango de pH, tienen, en cambio, elevada cantidad de metionina y cisteína y principalmente son enzimas (Charrière, 2014).

Principales enzimas

Lipasas: realizan la hidrólisis de los triglicéridos y los fosfolípidos, también generan aumento de ácidos grasos libres en la soja almacenada.

Lipooxigenasas: catalizan la oxidación de los lípidos generando peróxidos, esto

produce olor en los productos de soja mal procesados.

Proteasas: hidrolizan proteínas, rompen los enlaces peptídicos.

Ureasa: cataliza la hidrólisis de la urea a amoníaco y dióxido de carbono. La soja contiene una ureasa termolábil, la cual es fácil de medir cuando se inactiva. Se encuentra en el hipocótilo y duplica la actividad de la que se encuentra en los cotiledones, teniendo la cáscara un bajo nivel de actividad ureásica (Charrière, 2014).

Glúcidos

Se clasifican en solubles e insolubles. Los solubles son, en su mayoría, oligosacáridos como rafinosa, estaquiosa y verbascosa y otros polisacáridos que comprenden la fibra soluble y son principalmente pectinas. Los insolubles son hemicelulosa, celulosa, lignina, pectinas insolubles y otros polisacáridos no digeribles, los cuales se denominan fibra. La soja tiene un 9% de fibra cruda, del cual el 87% está en la cáscara (Ridner *et al.*, 2006).

Lípidos

El grano de soja contiene alrededor de un 20% de aceite, es rico en ácidos grasos poliinsaturados, siendo el contenido de ácido linoleico de 51%.

Entre el 1,5 al 2,5% de los lípidos presentes en la soja se encuentra bajo la forma de lecitinas, las cuales tienen función emulsionante en los alimentos.

En la fracción lipídica también se encuentran los tocoferoles, que actúan como antioxidantes naturales (Charrière, 2014).

Vitaminas y minerales

Las vitaminas que contiene la soja son: tiamina (B1), riboflavina (B2), niacina (B3), ácido pantoténico (B5), piridoxina (B6), biotina (B7), ácido fólico (B9), β -caroteno (pro-vit-A), inositol, colina y ácido ascórbico (vit-C) (Ridner *et al.*, 2006).

Entre los minerales hay una amplia gama presente, tales como calcio, fósforo, flúor, magnesio, potasio, hierro, sodio, cobre, selenio, yodo, manganeso y zinc (Charrière, 2014).

Factores antinutricionales

La soja presenta una gran cantidad de factores antinutricionales, como las fitohemaglutininas (lectinas), anti-vitaminas, factores goitrogénicos, inhibidores de tripsina (IT), entre otros, que en su mayoría son termolábiles (Méndez *et al.*, 2010).

Los IT, son sustancias que se vienen investigando desde hace más de 50 años (Rackis *et al.*, 1986). Los IT son polipéptidos que inhiben enzimas proteolíticas, entre ellas, la tripsina y la quimiotripsina, enzimas secretadas por el páncreas que catalizan la hidrólisis de las proteínas a polipéptidos en el tracto gastrointestinal (TGI), de suma importancia en la digestión de los alimentos.

Los IT más importantes que contiene la soja son el inhibidor de Kunitz (KTI) de 181 aminoácidos, 2 puentes disulfuro y un peso molecular de 20 kd y el de Bowman-Birk (BBTI) de 71 aminoácidos, 7 puentes disulfuro y peso molecular de 8 kd (Rackis *et al.*, 1986).

Ambos inhibidores generan una disminución de la digestión de las proteínas, con el consecuente aumento de la secreción pancreática e hipertrofia de este órgano, dando como resultado un menor crecimiento por una baja utilización de los nutrientes (Iglesias y Azcona, 2012; Rackis *et al.*, 1986; Rada *et al.*, 2017). Debido a que estos inhibidores son termolábiles, se puede emplear un procesamiento térmico para lograr la desnaturalización de los mismos.

Procesamiento térmico

El proceso térmico modifica la estructura de los IT y otras proteínas, mejorando su digestibilidad, dado que la proteína de soja cruda es, en parte, refractaria al ataque de las enzimas digestivas. En consecuencia, mediante la aplicación de un tratamiento térmico se obtienen dos beneficios, minimizar el contenido de IT y aumentar la digestibilidad de las proteínas en general (Kakade *et al.*, 1973).

Uno de los procesos de desactivado es el que utiliza vapor, que consiste de tres a cinco sinfines horizontales superpuestos de aproximadamente 6 m de longitud. El poroto crudo entra al sistema con una humedad del orden del 14%, donde recibe un flujo continuo de vapor a una presión próxima a los 1,5 a 2,0 kg/cm², alcanzando a nivel del sinfín inferior una temperatura de 104–105 °C. El tiempo transcurrido entre el ingreso del poroto al circuito hasta salir del mismo es de unos 18 minutos,

posteriormente el poroto es trasladado a una torre de enfriamiento y secado (Charrière, 2014).

Otro proceso de desactivado es el de extrusión que consiste en hacer pasar al poroto de soja quebrado a través del orificio de una matriz o dado mediante la presión ejercida por un tornillo, el material pasa a través de una serie de frenos aumentando la presión y la fricción, por lo cual se calienta a punto tal que el agua presente dentro del material es sometida a temperaturas muy superiores a las de su punto de ebullición, pero permanece en estado líquido por la alta presión a la que se encuentra (40 atm). En el momento en que el producto sale por el orificio de la matriz, el agua que está íntimamente mezclada con la masa de soja sufre un brusco cambio de presión, hirviendo instantáneamente (Rokey, 1995). De esta manera, ocurre una expansión y las cadenas proteicas, así como las de azúcares, son modificadas, aumentando la superficie expuesta, lo que facilita la posterior acción de las enzimas digestivas. Este proceso tiene efectos positivos sobre el control de los factores antinutricionales, baja la humedad del grano, disminuye la viscosidad del aceite y favorece el desactivado de las enzimas que intervienen en la oxidación del mismo, aumentando la digestibilidad, obteniéndose un producto final estable (Valls Porta, 1993).

Con el proceso de desactivado por vapor se logran controlar bien los IT pero la digestibilidad total de la soja no es tan buena como con el proceso de extrusión, por su parte, la extrusión no controla muy bien los IT como lo hace el proceso de vapor, pero sí mejora sustancialmente la digestibilidad (Azcona *et al.*, 2009).

Para realizar el control de calidad del proceso de desactivado se puede recurrir a métodos indirectos, como la actividad ureásica (AU) y solubilidad de proteína en KOH 0,2% (SP) o directamente determinar el contenido de IT (Charrière, 2014).

HIPÓTESIS

La combinación de procesos (extrusión y vapor) mejora el aprovechamiento de los nutrientes del grano de soja con una consecuente mejora en el desempeño de las aves.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de distintos procesos de desactivado de soja (extrusión y vapor) sobre el desempeño de pollos parrilleros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el efecto de diferentes procesos de desactivado (vapor; extrusión y vapor + extrusión) sobre parámetros de laboratorio (análisis proximal, calidad de desactivado) y energía metabolizable verdadera.

Evaluar el efecto de utilizar soja extrusada, la combinación de procesos (vapor + extrusión) versus una dieta Control en base a harina de soja y aceite sobre parámetros zootécnicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Parte de una misma partida de soja se desactivó por vapor en la planta de Cosechas Argentinas ubicada en San Andrés de Giles (BA); otra parte se desactivó por extrusión, en la planta de Extruderman SRL ubicada en Pergamino (BA); y en esta misma planta, también se extrusó la soja previamente desactivada por vapor para generar el tratamiento con doble proceso (vapor+extrusión). Dado que los resultados de la combinación vapor-extrusión acusaron un sobreprocesado (Tabla 6), hubo que extrusar otra tanda de soja previamente desactivada por vapor, pero en esta ocasión regulando la trompa del extrusor, para evitar el sobreprocesamiento del producto.

De esta manera quedaron definidos los distintos procesos aplicados (Tabla 2).

Tabla 2. Detalles de los procesos aplicados al grano de soja

Tratamientos	Proceso aplicado
1.- Vapor	Inyección de vapor, temp. alcanzada 105 °C por 20 min
2.- Extrusión	Extrusión, temp. alcanzada 138 °C por 1 min (aprox.)
3.- Vapor/Extrusión 1	Combinación de vapor y luego extrusión (tanda 1)
4.- Vapor/Extrusión 2	Combinación de vapor y luego extrusión (tanda 2)

Todos los materiales derivados de estos procesos (soja desactivada por vapor, extrusión y vapor+extrusión) más la harina de soja utilizada en las dietas, se analizaron por espectroscopia del infrarrojo cercano (conocido por su sigla en inglés, NIRS), en Labonet (Cargill SACI) para conocer su contenido de materia seca (MS), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y cenizas (Cen).

A su vez, para verificar la calidad de desactivado se realizaron análisis de AU, SP e IT, también en Labonet.

Actividad ureásica

Se utilizó para saber si la enzima ureasa fue o no inactivada por el calor, de acuerdo al método AACC 22-90.01 (AACC, 2009). Se colocaron 200 mg de muestra molida en dos tubos. En el primero se adicionó 10 ml de solución buffer y en el segundo 10 ml de solución buffer urea (urea granulada al 3% p/v en buffer fosfato de

potasio, 0,05 M pH 7,0) y ambos tubos se llevaron a un baño termostatzado a 30 °C ± 0,5 por 30 min. Pasado el tiempo de incubación los tubos se dejaron a temperatura ambiente por 3 min y se les midió el pH con un peachímetro Orion Portable Meter 200 (Thermo Fisher Scientific Inc. - Boston, MA, USA). El resultado surgió del diferencial de pH entre ambos tubos.

Solubilidad de proteínas en medio alcalino (KOH 0,2%)

Permitió determinar si hubo sobrecalentamiento durante el proceso de desactivado y se fundamenta en que la solubilidad de la proteína en medio alcalino disminuye a medida que aumenta el tratamiento térmico aplicado (Araba y Dale, 1990; Parsons *et al.*, 1991). La solubilidad de la proteína de la soja cruda es del 100% y a medida que se aplica calor, este valor disminuye. Valores entre 70 y 85% de solubilidad son considerados correctos y por debajo de 70% se considera que hubo sobreprocesado. El sobrecalentamiento de la proteína provoca una disminución en la digestibilidad de los aminoácidos, en especial de la lisina (Azcona *et al.*, 2007; Kouzeh-Kanani *et al.*, 1981).

Inhibidores de tripsina

La determinación de IT se realizó según el método AOCS Ba 12-75 (AOCS, 1997). Las muestras de soja fueron molidas en un molino de martillos hasta atravesar una malla de 100 mesh (equivalente a orificios de 0,149 mm de luz). Un gramo de la muestra molida y desgrasada fue resuspendida en 19 ml de una solución buffer fosfato (0,1 M, pH 7,6), agitada por una hora y centrifugada. Del sobrenadante se tomó 1 ml y se llevó a 50 ml con buffer fosfato (0,1 M, pH 7,6). Una alícuota de la suspensión fue diluida hasta que la absorbancia fue 0,4 a 0,6 veces la absorbancia del buffer fosfato (blanco) a 410 nm. Se tomaron alícuotas de 0; 0,6; 1,0; 1,4 y 1,8 ml de la suspensión diluida y se las colocó en un set de tubos por duplicado, a los cuales se les adicionó suficiente agua para alcanzar los 20 ml. Dos mililitros de una solución de tripsina fue colocada en cada tubo y se incubó por varios minutos para permitir que los inhibidores presentes reaccionen con la tripsina. Posteriormente 5 ml de una solución de benzoil-D,L-arginino-p-nitroanilina (BAPNA, Sigma Chemical Company, St. Louis, Mo) se adicionó a cada tubo. La tripsina no

inhibida catalizó la hidrólisis del BAPNA formando un compuesto amarillo, la p-nitroanilina. Como blanco se emplearon 2 ml de suspensión y 5 ml de BAPNA. Luego de exactamente 3 min de reacción, la misma fue detenida mediante el agregado de 1 ml de ácido acético tanto a los tubos con tripsina como al blanco. Posteriormente, 2 ml de la solución de tripsina fue agregada y mezclada solo al tubo blanco. El contenido de cada tubo y del blanco fue filtrado con papel de filtro y centrifugado por 5 min a 10.000 rpm. La solución sobrenadante fue medida en un espectrofotómetro a 410 nm.

Energía metabolizable verdadera

Los valores de energía metabolizable verdadera (EMV) fueron determinados utilizando gallos siguiendo la metodología descrita por Sibbald (1976). Las aves fueron alojadas en jaulas individuales y ayunadas por 24 hs para asegurar el vaciado del tracto gastrointestinal. Luego de transcurrido ese tiempo, a un grupo de aves se les suministró 40 g de material a evaluar previamente molido (tamiz 4,76 mm), mientras que otro grupo siguió en ayunas para calcular las pérdidas de energía de origen endógeno. Las excretas de ambos grupos se recolectaron a las 48 hs del suministro del material y se secaron en estufa (60 °C durante 48-72 hs), para luego determinar la energía bruta del alimento y de las excretas, con una bomba calorimétrica isoperibólica Parr 1261 (Parr Instrument Company – Moline, IL, USA) acorde a lo expresado en el método estándar ASTM D2015-85 (ASTM International, 1987) y se calculó el contenido de EMV según la siguiente ecuación:

$$EMV = \frac{EBcons - (EBexc - EBend)}{AC}$$

Donde:

EMV: energía metabolizable verdadera, en kcal/kg;

EBcons: energía bruta consumida con el alimento en kcal;

EBexc: energía bruta excretada en kcal;

EBend: energía bruta proveniente del endógeno en kcal;

AC: alimento consumido en kilogramos.

Prueba de crecimiento

La prueba de crecimiento con pollos se llevó a cabo en la sección Avicultura del INTA – Estación Experimental Agropecuaria Pergamino (INTA – EEA Pergamino). Se emplearon 720 pollitos BB machos de la línea Cobb-500 provenientes de la planta de incubación Malacate de Granja Tres Arroyos. A su arribo, los pollitos fueron pesados individualmente y asignados a cada lote siguiendo la curva de distribución de la población original. Los pollitos fueron alojados en lotes de 1 x 1,5 m con cama de viruta de madera, y disponían de alimento y agua *ad-libitum*. La alimentación estuvo dividida en 3 fases: Iniciador (1 a 8 días); Crecimiento (9 a 21 días) y Terminador (22 a 35 días). La duración de la prueba fue de 5 semanas, se evaluaron 3 tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos empleados en la prueba de crecimiento

Tratamientos	Proceso aplicado
1.- Soja Harina	A base de harina y aceite de soja
2.- Extrusión	Isonutritiva con T1 empleando soja extrusada
3.- Vapor/Extrusión	Ídem T2, reemplazando kg x kg la soja extrusada por soja vapor/extrusión

Se utilizó harina de soja + aceite como Control porque es considerada una fuente de proteína de buena calidad y bajo contenido de IT (Azcona *et al.*, 2007; Charrière, 2014).

El material Vapor/Extrusión empleado en el tratamiento 3 fue el de la segunda tanda evaluada en los estudios preliminares.

En la Tabla 4 se muestra la composición y aportes nutricionales de las dietas experimentales.

Las dietas se formularon en base a las recomendaciones de la línea Cobb-500 (Cobb, 2008) utilizando el software N-utrition[®] 2.0 (DAPP, 2003) considerando los valores de energía determinados y el perfil de aminoácidos indicado en la tabla INTA (Schang *et al.*, 1999).

Tabla 4. Composición y costo de las dietas experimentales

Ingrediente	1 a 8 días		9 a 21 días		22 a 35 días	
	Harina de Soja	Soja desactiv.	Harina de Soja	Soja desactiv.	Harina de Soja	Soja desactiv.
Maíz	52,57	53,65	58,64	59,77	61,20	62,53
Soja desactivada*		17,51		18,39		21,59
Soja aceite	3,44		3,61		4,24	
Soja Harina (40)	39,88	24,71	33,91	17,98	31,17	12,46
Conchilla	1,47	1,46	1,40	1,39	1,27	1,27
FMC Bolifor	1,35	1,38	1,26	1,29	1,10	1,13
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Premix	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15
Sal	0,53	0,53	0,46	0,46	0,46	0,46
Lisina	0,14	0,13	0,15	0,13	0,10	0,08
DL-Metionina	0,27	0,28	0,23	0,25	0,20	0,22
Treonina	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
Colina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03
Costo (\$/kg)*	9,49	9,41 ¹ 9,47 ²	9,10	9,03 ¹ 9,10 ²	8,80	8,72 ¹ 8,80 ²

*Se incluye soja extrusada o soja vapor/extrusión según corresponda (reemplazo kg/kg). *Costo de la dieta con ¹Soja Extrusada; ²Soja Vapor/Extrusada.

Tabla 4 (cont.). Aporte de nutrientes de las dietas experimentales

Nutrientes (%)	1 a 8 días		9 a 21 días		22 a 35 días	
	Harina de Soja	Soja desactiv.	Harina de Soja	Soja desactiv.	Poroto de Soja	Soja desactiv.
Proteína	21,00	21,00	19,00	19,00	18,00	18,00
Lípidos	6,38	5,32	6,70	5,59	7,37	6,07
Ca	0,90	0,90	0,84	0,84	0,76	0,76
P Total	0,70	0,71	0,65	0,67	0,61	0,63
P Disponible	0,45	0,45	0,42	0,42	0,38	0,38
EMA kcal/kg	3041	3041	3108	3108	3175	3175
EMV kcal/kg	3285	3285	3358	3358	3430	3430
Lisina	1,281	1,271	1,137	1,127	1,031	1,019
Metionina	0,607	0,617	0,548	0,559	0,498	0,511
Met+Cis	0,946	0,947	0,859	0,860	0,796	0,797
Triptófano	0,259	0,257	0,228	0,227	0,214	0,212
Treonina	0,867	0,868	0,778	0,779	0,734	0,735
Arginina	1,459	1,440	1,288	1,268	1,209	1,185
Lisina Dig.	1,180	1,180	1,050	1,050	0,950	0,950
Metionina Dig.	0,578	0,590	0,522	0,535	0,474	0,489
Met+Cis Dig.	0,880	0,880	0,800	0,800	0,740	0,740
Treonina Dig.	0,770	0,770	0,690	0,690	0,650	0,650
Arginina Dig.	1,397	1,371	1,232	1,205	1,156	1,124
IT (UTI/mg)	1,595	2,915	1,357	2,742	1,247	2,874

EMA: Energía Metabolizable Aparente; EMV: Energía Metabolizable Verdadera; Dig.: Digestible.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, donde cada tratamiento contó con 8 bloques, con 2 réplicas por bloque y 15 aves cada una, cada lote fue considerado como la unidad experimental.

Parámetros evaluados

Consumo: semanalmente se pesaron las tolvas previamente taradas y se calculó el consumo acumulado del lote considerando la mortalidad para su cálculo (concepto de ave-día).

Peso corporal: las aves fueron pesadas semanalmente, de forma individual, considerando el promedio del lote como dato a analizar. Esto permitió identificar y eliminar aves con problemas no atribuibles a los tratamientos.

Conversión: con los datos de consumo y peso se calculó la conversión alimenticia.

Peso/Conversión: se calculó este parámetro como una simplificación del factor de eficiencia productiva.

Mortalidad: se registró diariamente y se utilizó para corregir el consumo.

Costo de alimentación: calculado en función del consumo y costo de alimento y se expresó en \$/ave y \$/kg de carne producido.

Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a análisis de la varianza utilizando el software InfoSTAT[®] (Di Rienzo *et al.*, 2012). Cuando las diferencias resultaron significativas ($p \leq 0,05$), las medias se compararon mediante la prueba de Rangos Múltiples de Duncan.

RESULTADOS

Efecto de procesos sobre el contenido de nutrientes

Al no contar con repeticiones, no se pudo realizar análisis estadístico, no obstante, al comparar los resultados analíticos de las muestras de soja desactivada por diferentes procesos, se observó que la PB y EE en base seca, resultaron ser similares (Tabla 5), en tanto que la MS varió según el proceso aplicado, siendo mayor cuando la soja pasó por el proceso de extrusión (Soja Extrusión y Soja Vapor/Extrusión).

La Harina de Soja presentó PB más elevada que los porotos y EE más bajo.

Tabla 5. Aporte de nutrientes de la soja sometida a los diferentes procesos evaluados

Soja/Proceso	MS	PB	EE	FC	Cen.
	%	%	%	%	%
Vapor	87,8	39,1	19,6	7,6	ND
Extrusión	92,8	38,5	19,9	8,7	6,0
Vapor/Extrusión 1	92,8	36,6	20,4	7,2	5,8
Vapor/Extrusión 2	93,5	39,6	19,9	7,6	6,0
Harina	89,9	48,5	2,0	6,7	6,9

Datos expresados en base seca (excepto Materia Seca).

MS: Materia seca; PB.: Proteína Bruta; EE: Extracto Etéreo; FC: Fibra Cruda; Cen.: Cenizas.

Energía y parámetros de calidad de desactivado

La AU de todos los materiales varió entre 0,01 y 0,04 unidades de Δ pH (Tabla 6). El menor valor correspondió a la Harina de Soja y el mayor, al proceso de Extrusión y a la combinación Vapor/Extrusión 2.

La SP para los diferentes procesos osciló entre 60,9 y 83,1% (Tabla 6). El menor valor correspondió a la combinación de procesos Vapor/Extrusión 1 y el mayor al desactivado con Vapor, ubicándose la Extrusión y la combinación Vapor/Extrusión 2 en un punto intermedio. A su vez, se halló que el valor de SP para Soja Extrusada resultó ser menor al de Soja Vapor.

Los resultados de la primera tanda de combinación de procesos indican que

hubo un sobreprocesado o calentamiento excesivo del material, por lo que se procedió a extrusar otra tanda del material desactivado previamente por vapor, modificando las condiciones del extrusor en el tramo final (mayor apertura de la trompa), de modo tal, que la extrusión no fuese tan agresiva, obteniéndose la partida usada en el tratamiento Vapor/Extrusión 2.

Los IT estuvieron entre 1,8 y 9,2 UTI/mg (Tabla 6). El menor valor correspondió a la Harina de Soja y a la combinación de procesos Vapor/Extrusión 1 y el mayor, al proceso de Extrusión.

La energía bruta fue similar para todos los procesos, y menor en Harina de Soja. La energía metabolizable verdadera fue más alta para los procesos de Extrusión y combinación Vapor/Extrusión 2, intermedia para los procesos con Vapor y combinación Vapor/Extrusión 1 y más baja para Harina de Soja.

Tabla 6. Energía y parámetros de calidad de los procesos evaluados

	AU	SP	IT	EB	EMV	EMV/EB
Soja//Proceso	Δ pH	%	UTI/mg	Kcal/Kg		%
Vapor	0,03	83,1	2,30	5641	3817	67,7
Extrusión	0,04	74,3	9,20	5617	4098	72,9
Vapor/Extrusión 1	0,02	60,9	1,84	5596	3839	68,6
Vapor/Extrusión 2	0,04	75,5	2,02	5633	4113	73,0
Harina	0,01	80,4	1,80	4632	2890	62,4

Datos expresados en base seca. AU: Actividad Ureásica, expresado en delta pH; SP: Solubilidad de Proteína en KOH (0,2%); IT: Inhibidores de Tripsina, expresados en Unidades de Inhibidor de Tripsina/mg; EB: Energía Bruta; EMV: Energía Metabolizable Verdadera; EMV/EB: Aprovechamiento de la EB.

En la Figura 1 muestra como varió la relación EMV/EB y los IT según cada tipo de Soja/Proceso, la Extrusión (72,9% y 9,2 UTI/mg) y el doble proceso Vapor/Extrusión 2 (73% y 2,02 UTI/mg) son los de mayor aprovechamiento, siendo la diferencia de IT entre ellos de 7 UTI/mg. Por su parte, el menor valor de EMV/EB fue para la Harina de Soja (62,4% y 1,8 UTI/mg).

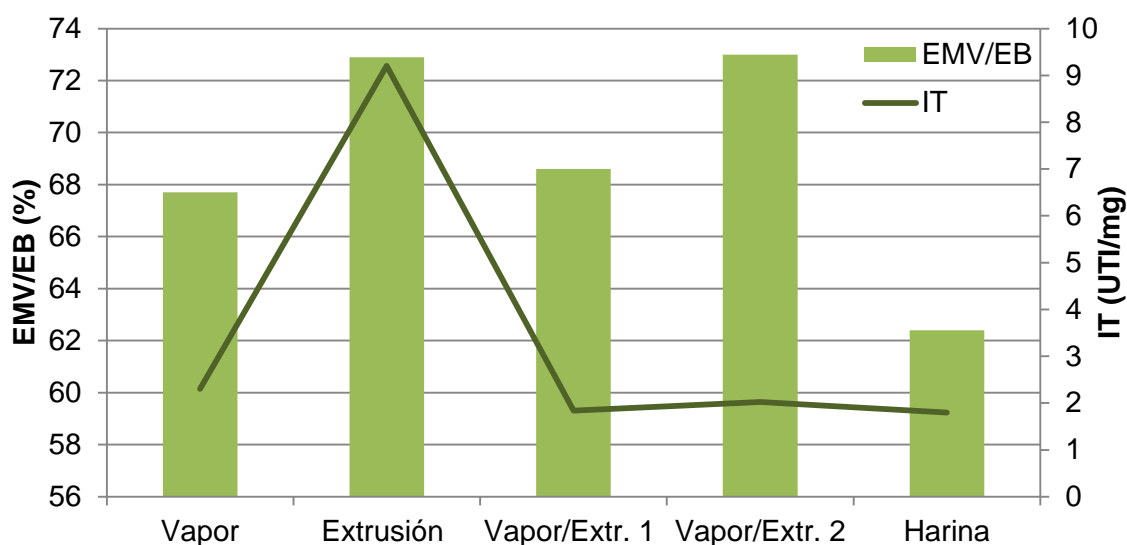


Figura 1. Aprovechamiento de la energía bruta e inhibidores de tripsina en los diferentes tratamientos

IT: Inhibidores de Tripsina, expresados en Unidades de Inhibidor de Tripsina/mg; EMV/EB: Aprovechamiento de la EB (%).

Resultados zootécnicos

Consumo

No se observaron diferencias entre el Control a base de Harina de Soja y el tratamiento con Soja Extrusada a lo largo de toda la prueba ($p > 0,05$, Tabla 7).

En tanto que el tratamiento con la combinación de procesos Vapor/Extrusión presentó menor consumo que los demás tratamientos a partir de los 15 días y hasta el final de la prueba ($p \leq 0,05$).

Tabla 7. Consumo acumulado (gramos)

Tratamientos	Edad (días)				
	8	15	21	28	35
1.- Soja Harina	120	477 ^a	1055 ^a	1992 ^a	3228 ^a
2.- Extrusión	123	480 ^a	1060 ^a	1995 ^a	3190 ^a
3.- Vapor/Extrusión	117	462 ^b	1022 ^b	1940 ^b	3117 ^b
Probabilidad	0,17	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CV	4,9	2,3	2,4	2,2	2,3

Medias en una misma columna con diferente superíndice, difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Peso

No se observaron diferencias entre el Control a base de Harina de Soja y el tratamiento con Soja Extrusada ($p>0,05$), excepto a los 15 días, donde se observó un mayor peso con esta última ($p\leq 0,05$, Tabla 8).

En tanto que, el tratamiento con la combinación de procesos Vapor/Extrusión presentó menor peso que el Control y la Soja Extrusada a partir de los 21 y 15 días respectivamente ($p\leq 0,05$).

Tabla 8. Peso (gramos)

Tratamientos	Edad (días)				
	8	15	21	28	35
1.- Soja Harina	136	369 ^b	733 ^a	1287 ^a	2000 ^a
2.- Extrusión	139	380 ^a	741 ^a	1283 ^a	1967 ^a
3.- Vapor/Extrusión	135	363 ^b	715 ^b	1240 ^b	1909 ^b
<i>Probabilidad</i>	<i>0,41</i>	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>	<i><0,01</i>
CV	4,1	2,9	2,2	2,1	2,6

Medias en una misma columna con diferente superíndice, difieren estadísticamente ($p\leq 0,05$).

Conversión

No se observaron diferencias entre tratamientos en el parámetro conversión a lo largo de toda la prueba ($p>0,05$, Tabla 9).

Tabla 9. Conversión

Tratamientos	Edad (días)				
	8	15	21	28	35
1.- Soja Harina	0,888	1,296	1,441	1,548	1,614
2.- Extrusión	0,885	1,264	1,429	1,555	1,622
3.- Vapor/Extrusión	0,867	1,275	1,428	1,565	1,634
<i>Probabilidad</i>	<i>0,32</i>	<i>0,09</i>	<i>0,35</i>	<i>0,20</i>	<i>0,15</i>
CV	3,3	3,2	1,8	1,7	1,8

Peso/Conversión

No se observaron diferencias entre el Control a base de Harina de Soja y el tratamiento con Soja Extrusada ($p > 0,05$), excepto a los 15 días donde hubo una mejor relación peso/conversión con la Soja Extrusada ($p \leq 0,05$, Tabla 10).

El tratamiento con la Combinación de procesos Vapor/Extrusión presentó menor relación peso/conversión a partir de los 15 días respecto del proceso de Extrusión y de los 28 días respecto del Control a base de Harina de Soja ($p \leq 0,05$).

Tabla 10. Relación peso/conversión

Tratamientos	Edad (días)				
	8	15	21	28	35
1.- Soja Harina	153	285 ^b	509 ^{ab}	832 ^a	1240 ^a
2.- Extrusión	157	301 ^a	519 ^a	825 ^a	1213 ^a
3.- Vapor/Extrusión	156	285 ^b	501 ^b	792 ^b	1169 ^b
<i>Probabilidad</i>	0,69	0,01	0,01	<0,01	<0,01
CV	5,7	5,6	3,4	3,2	3,9

Medias en una misma columna con diferente superíndice, difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

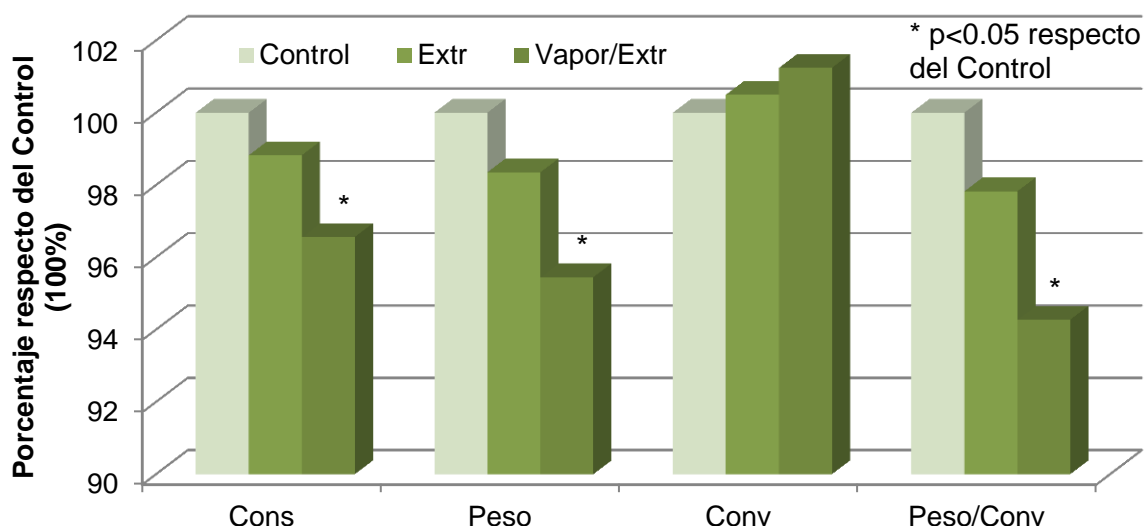


Figura 2. Resultados zootécnicos con Harina de Soja como Control, Extrusión y la combinación Vapor/Extrusión a los 35 días

La Figura 2 muestra como disminuyó el consumo, el peso y la relación peso/conversión con la soja tratada con el doble proceso a los 35 días de edad, en tanto que en conversión no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0.05$).

Costo de alimentación

El costo de alimentación de las aves del tratamiento Control a base de Harina de Soja resultó ser mayor al de los tratamientos con Soja Extrusada o con la combinación de procesos Vapor/Extrusión ($p\leq 0,05$, Tabla 11).

En tanto que el costo de alimentación por cada kg de carne producido resultó ser mayor con la combinación de procesos (Vapor/Extrusión) que con la Extrusión sola ($p\leq 0,05$), y el Control a base de Harina de Soja resultó intermedio.

Tabla 11. Costo de alimentación de los pollos con los diferentes tratamientos

Tratamientos	Costos de alimentación	
	\$/ave	\$/kg
1.- Soja Harina	28,76 ^a	14,38 ^{ab}
2.- Extrusión	28,20 ^b	14,34 ^b
3.- Vapor/Extrusión	27,78 ^b	14,56 ^a
<i>Probabilidad</i>	<i><0,01</i>	<i>0,05</i>
CV	2,3	1,8

Medias en una misma columna con diferente superíndice, difieren estadísticamente ($p\leq 0.05$).

DISCUSIÓN

Efecto de procesos sobre el contenido de nutrientes

El mayor contenido de MS hallado cuando la soja sufrió el proceso de extrusión se debe a la evaporación de agua que ocurre cuando el material queda expuesto a la presión atmosférica luego de encontrarse a alta presión dentro del cilindro de la extrusora (Vals Porta, 1993), resultados similares fueron encontrados por Azcona y col. (2007) al comparar el valor nutricional de sojas desactivadas por diferentes procesos.

La PB fue mayor en la Harina de Soja debido a la extracción del aceite, y consecuente concentración del resto de los nutrientes.

El EE fue similar entre los procesos de desactivado de Poroto de Soja, siendo menor en la Harina debido al proceso, *per se*, de extracción de aceite.

Los valores PC y EE determinados en Harina de Soja se situaron dentro de lo esperado, en concordancia con los resultados obtenidos por otros autores (Azcona *et al.*, 2007; De Coca-Sinova, 2008; Ravindran *et al.*, 2014). Los valores hallados para Soja Vapor y Soja Extrusada, concuerdan con la bibliografía local (Azcona *et al.*, 2007), en tanto que comparado con sojas de otros orígenes, los valores proteína de la soja argentina resultaron levemente inferiores (de Blas *et al.*, 2010; Rostagno *et al.*, 2017).

Calidad de desactivado y contenido de energía

La AU se encontró en todos los materiales por debajo del límite máximo de tolerancia de 0,14 unidades de pH (Azcona *et al.*, 2011; Chale *et al.*, 2017). Esto indicaría que el desactivado fue óptimo.

La SP para los procesos de vapor y extrusión estuvo dentro de los límites esperados, pero se afectó negativamente con el doble procesado (Vapor/Extrusión 1) alcanzando un valor de 60,9%, respecto del piso de 70% recomendado (Azcona *et al.*, 2011; Chale *et al.*, 2017) o de 65% (Araba y Dale, 1990). Cuando se extrusó modificando la regulación de la trompa de la extrusora (Vapor/Extrusión 2) se lograron parámetros de AU dentro de lo esperado y parámetros de SP y calidad del ingrediente similares a los de la Soja Extrusada, con un nivel de IT similar al de la Soja Vapor. Sin embargo, es importante aclarar que en la prueba de SP hay varios factores que generan una variabilidad interlaboratorio, tales como el grado de molienda del material a analizar y la intensidad de la agitación (Ruiz *et al.*, 2004; Whittle y Araba, 1992).

Los IT de la Soja Extrusada, comparados con los demás tratamientos fueron elevados (9,2 UTI/mg), pero con una AU que indicaría un buen desactivado (un Δ pH de 0,04). Este resultado es coincidente con lo reportado por otros autores (Azcona *et al.*, 2011; Ruiz *et al.*, 2017; Varga Visi *et al.*, 2009). Si bien la AU es una medición indirecta de IT, hay casos donde la correlación es muy baja ($r^2=0,17$) dependiendo del proceso aplicado (Ruiz *et al.*, 2017; 2018), dejando en evidencia que esta técnica

no es lo suficientemente precisa para determinar la calidad de desactivado cuando se emplea la extrusión, aunque la AU tiene a favor que es sencillo, rápido y de bajo costo (Rokey, 1995).

No hubo diferencias en términos de EB, no obstante, la EMV de la Soja Extrusada y la del doble proceso (Vapor/Extrusión 2) fueron mayores que la de la soja desactivada por Vapor, consecuencia de mejoras en la relación EMV/EB.

Con el proceso de Vapor se encontró una menor utilización de la EB que con Extrusión, pero por su parte, el Vapor mostró mejores parámetros de calidad de desactivado, como lo manifiestan la AU y los IT, resultados similares fueron encontrados en estudios anteriores (Azcona *et al.*, 2011).

En base a estos resultados, se realizó la prueba de crecimiento utilizando la partida Vapor/Extrusión 2.

Resultados zootécnicos

Los resultados obtenidos a los 35 días muestran que no hubo diferencias en el desempeño de las aves al comparar el proceso de Extrusión con el Control a base de Harina de Soja. Por el contrario, el consumo se vio afectado negativamente con el doble proceso (Vapor/Extrusión) a partir de los 15 días y hasta el final de la prueba. Esta depresión de consumo no podría atribuirse al contenido de IT remanentes dado que el mismo fue 4,5 veces más bajo comparado con el tratamiento con Soja Extrusada. Tampoco se observó un sobreprocesado en el tratamiento Vapor/Extrusión que justifique el rechazo del alimento por parte del animal, si se considera que la SP se situó en un rango aceptable y aún con un valor por encima del observado en el tratamiento Extrusión.

Probablemente, debido a los ajustes realizados en la trompa para evitar una caída en la SP (sobreprocesamiento), puede que se haya producido una pérdida de buena parte del efecto de amasado y corte que permite una modificación de la estructura de las proteínas y consecuente mejora en su digestibilidad.

Este efecto, no se pudo detectar al determinar EMV con gallos, posiblemente debido a la poca cantidad de alimento utilizada en este tipo de estudios (40 g por gallo en una sola toma). Por el contrario, en la prueba de crecimiento, el suministro de alimento con soja sometida a doble proceso fue durante todo el ciclo. En estas

condiciones, el efecto de cambios en las características del alimento que lo hacen menos digestible se hizo evidente, generándose un círculo negativo donde el ave cada vez consume menos por ser de menor peso.

En peso, se observó una caída desde los 15 días en adelante con el tratamiento Vapor/Extrusión respecto del Control con Harina de Soja, debido al menor consumo de alimento antes mencionado.

La conversión no tuvo diferencias significativas entre tratamientos debido a que, aquellos que presentaron menor peso, también tuvieron un menor consumo.

La relación peso/conversión se comportó de manera similar a la descrita para el parámetro peso, siendo afectada negativamente por el doble proceso desde los 15 días en adelante respecto del Control a base de Harina de Soja.

Otro estudio, mostró que reduciendo a la mitad el tiempo de desactivado en el proceso por vapor, es posible reducir los IT remanentes a 6 UTI/mg, pero no así la AU (Iglesias *et al.*, 2015) Este podría ser un buen material para una posterior extrusión (sin tener que modificar las condiciones de trabajo del extrusor), y así lograr las mejoras en digestibilidad que este proceso normalmente genera como consecuencia del amasado, corte, compresión y brusca descompresión del material. Se espera que la combinación de procesos permita lograr un material con bajo contenido de IT, manteniendo la alta digestibilidad de nutrientes.

Con el tratamiento Control a base de Harina de Soja, la conjunción de mayor consumo y costo, hizo que el costo de alimentación por ave sea el más alto, pero dado el mayor peso alcanzado hizo el costo de alimento por kg de carne producido no sea el más alto, siendo la combinación de procesos (Vapor/Extrusión) la que presentó el mayor costo de alimentación por kg de carne.

CONCLUSIONES

Parámetros de laboratorio

No se observaron mayores diferencias entre tratamientos en el análisis proximal.

Sin embargo, la combinación de procesos generó un sobreprocesado (SP: 60,9%) por lo que se debió repetir el proceso de extrusión sobre soja previamente procesada con vapor, pero modificando las condiciones del extrusor (aflojando la trompa), logrando de esta manera un material óptimo en cuanto a calidad de desactivado (SP: 75,5%; AU: 0,04 Δ pH e IT: 2,02 UTI/mg) y con valores de EMV y EMV/EB similares a los de un proceso de extrusión.

Parámetros zootécnicos

No se observaron diferencias entre los tratamientos Control a base de Harina de soja + Aceite y Soja Extrusada.

En tanto que, el tratamiento con la combinación de procesos (Vapor/Extrusión), pese a haber arrojado resultados promisorios en los estudios *in vitro* (SP, AU, IT) e *in vivo* (EMV), presentó menor consumo, peso y relación peso/conversión a partir de los 15 días y a lo largo de todo el ensayo (35 días) y un mayor costo de alimentación por kg de carne producido. Lo que indicaría que el doble proceso (Vapor/Extrusión) en las condiciones dadas no es un tratamiento óptimo para desactivar soja destinada a la nutrición de pollos de engorde.

Sin embargo, estudios más recientes alientan a seguir buscando alternativas, como la de procesar la soja con vapor por menos tiempo para luego extrusarla y así combinar las ventajas de ambos procesos (bajar el contenido de IT, Vapor; y maximizar la digestibilidad de los nutrientes, Extrusión).

BIBLIOGRAFÍA

AACC, American Association of Cereal Chemists International. 2009. Method 22-90.01. Measurement of urease activity. In: *Approved Methods of Analysis* (11th ed). St. Paul, Mn. USA: AACC International.

AOCS, American Oil Chemist Society. 1997. Method Ba 12-75. In: *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist Society*. Champaign, IL: American Oil Chemist Society.

Araba M and Dale NM. 1990. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. *Poultry Science*, 69: 76-83.

ASTM International. 1987. ASTM Standard D 2015-85. Standard test method for gross calorific value of coal and coke by the adiabatic bomb calorimeter. West Conshohocken, PA, USA: ASTM International

Azcona JO, Iglesias BF, Morao LR y Schang MJ. 2007. Composición de ingredientes argentinos: maíz y soja. En resumen: *I Congreso Argentino de Nutrición Animal*. CAENA. Parque Norte, Buenos Aires, Argentina. 18 y 19 de octubre. Pp 89-96.

Azcona JO, Iglesias BF, Charrière MV y Morao LR 2009. Inhibidores de tripsina en poroto de soja extrusado: Niveles de tolerancia en dietas para aves. En resumen: *II Congreso Argentino de Nutrición Animal*. CAENA. Parque Norte, Buenos Aires, Argentina. 22 y 23 de octubre. Pp 108-113.

Azcona JO, Iglesias BF y Charrière MV. 2011. Inhibidores de tripsina en el complejo soja. En resumen: *XXII Congreso Latinoamericano de Avicultura 2011*. ALA. Predio ferial de la Sociedad Rural Argentina, CABA, Argentina. 6-9 de septiembre. CD-Rom.

Chale J, Iglesias BF, Azcona JO, Charrière MV, Cabrera AM y Christeler B. 2017.

Desarrollo de una metodología para el desactivado de poroto de soja a escala de laboratorio. *Agroindustria*, 145: 62-65.

Charrière MV. 2014. Inhibidores de tripsina en complejo soja: Sus efectos sobre el desempeño de las aves. *Trabajo Final de Especialización*, Universidad Nacional de Luján. 55 pp.

Cobb. (2008). Suplemento informativo de rendimiento y nutrición del pollo de engorde. Cobb500™. 6 pp.

DAPP. 2003. [software de formulación]. *N-utrition*® 2.0. Colón, Entre Ríos, Argentina.

De Coca-Sinova A, Valencia DG, Jimenez-Moreno E, Lázaro R and Mateos GG. 2008. Apparent ileal digestibility of energy, nitrogen, and amino acids of soybean meals of different origin in broilers. *Poultry Science*, 87: 2613-2623.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M y Robledo CW. 2012. [software estadístico]. *Infostat*. Córdoba, Argentina.

de Blas C, Mateos GG y Rebollar PG (eds.). 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de los alimentos para la fabricación de piensos compuestos. (3ª ed). FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 502 pp.

Echegaray JK. 2006. La soja integral en la alimentación avícola. URL: http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/05_06_51_SojaIntegral.pdf. Acceso: 10-jun-2016.

Iglesias BF y Azcona JO. 2012. Inhibidores de tripsina en la dieta de aves. *Revista Albéitar* 159: 34-36.

Iglesias BF, Azcona JO, Schang MJ y Charrière MV. 2015. Avances en la

- caracterización nutricional de maíz y soja. En resumen: *V Congreso Argentino de Nutrición Animal*. CAENA. Parque Norte, Buenos Aires, Argentina. 19 y 20 de agosto. Pp 52-56.
- Kakade ML, Hoffa DE and Liener IE. 1973. Contribution of trypsin inhibitor to the deleterious effects of unheated soybeans fed to rats. *The Journal of Nutrition*, 103: 1772-1778.
- Kouzeh-Kanani M, Van Zuilichem DJ, Roozen JP and Pilnik W. 1981. Modified procedure for low temperature infrared radiation of soybeans. Improvement of nutritive quality of full-fat flour. *Food science and technology*, 14: 242-244.
- Lamelas K, Mair G y Beczkowski G. 2017. Boletín Avícola - Anuario 2016. Buenos Aires: Ministerio de Agroindustria, Año XIX, N° 78. 18 pp.
- Méndez JM, Covacevich M y Capurro J. 2010. Procesamiento del grano de soja en la provincia de santa fe mediante extrusado y prensado. URL: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-procesamiento-del-grano-de-soja-en-la-provincia-de-sa.pdf>. Acceso: 15-may-2016.
- MinAgro, Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina. 2017. Producción; Estimaciones. URL: <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>. Acceso: 10-jul-2017.
- Parsons CM, Hashimoto K, Wedeking KJ and Baker DH. 1991. Soybean protein solubility in potassium hydroxide: an in vitro test of in vivo protein quality. *Journal of Animal Science*, 69: 2918-2924.
- Rackis JJ, Wolf WJ and Baker EC. 1986. Protease inhibitors in plant foods: content and inactivation. In: Friedman N (Ed.) *Nutritional and toxicological significance of enzyme inhibitors in foods*, Plenum Publishing Corporation, New York, USA. Pp 299-347.

- Rada V, Lichovnikova M and Safarik I. 2017. The effect of soybean meal replacement with raw full-fat soybean in diets for broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1): 112-117.
- Ravindran V, Abdollahi MR and Bootwalla SM. 2014. Nutrient analysis, metabolizable energy, and digestible amino acids of soybean meals of different origins for broilers. *Poultry Science*, 93: 2567-2577.
- Ridner E, Gaón D, Gamberale MC y Salinas R. 2006. Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud. 1ra ed. Grupo Q S.A.: Sociedad Argentina de Nutrición. Buenos Aires. Argentina. 96 pp.
- Rokey G. 1995. Tecnología de la extrusión e implicancias nutricionales. En resumen: *XI Curso de especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 7 y 8 de noviembre. Pp 270-286.
- Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, de Abreu MLT, Rodrigues PB, de Oliveira RF, Barreto SLT y Brito CO. 2017. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. Rostagno HS (ed.) Departamento de Zootecnia, UFV, Viçosa, Brasil. 488 pp.
- Ruiz N, de Belalcázar F and Díaz GJ. 2004. Quality control parameters for commercial full-fat soybeans processed by two different methods and fed to broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 13: 443-450.
- Ruiz N and de Belalcázar F. 2017. Field observation: in contrast to soybean meal, in commercial full-fat soybeans (FFSB) there is no correlation between urease activity (delta pH) and trypsin inhibitors. *Poultry Science* 96 (E-Suppl. 1): 294-295.
- Ruiz N, de Belalcázar F and Castillo J. 2018. Field observations: Neither KOH protein

solubility nor urease activity are adequate quality predictors of commercial full-fat soybeans for poultry. En resumen: *2018 International Poultry Scientific Forum*, Georgia World Congress Center, Atlanta, Georgia, USA. 29 y 30 de enero. P 46.

Schang M, Azcona J, Sceglío O, Borrás F, Rodríguez S y Yanigro S. 1999. Tabla de composición de ingredientes argentinos. Jornadas de Nutrición y Genética de Aves de Producción. Buenos Aires.: Fac. de Cs. Veterinarias, UBA.

Sibbald IR. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science*, 55: 303-308.

USDA, United States Department of Agriculture. 2013. National Nutrient Database for Standard Reference. Release 26, 1.3. URL: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>. Acceso: 2-Nov- 2013.

Valls Porta A. 1993. El proceso de extrusión en cereales y habas de soja: efecto de la extrusión sobre la utilización de nutrientes. En resumen: *IX Curso de especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Barcelona, España. 8 y 9 de noviembre. Pp 109-115.

Varga-Visi E, Albert Cs, Lóki K and Csapó J. 2009. Evaluation of the inactivation of heat sensitive antinutritive factors in fullfat soybean. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*, 2(1): 111-117.

Whittle E and Araba M. 1992. Sources of variability in the protein solubility assay for soybean meal. *The Journal of Applied Poultry Research*. 1: 221-225.