

EFFECTO DE MÉTODO DE DESACTIVADO Y CONTENIDO DE INHIBIDORES DE TRIPSINA SOBRE EL DESEMPEÑO DE LAS AVES

Azcona, JO; Iglesias, BF y Charriére, MV.
INTA, EEA Pergamino, Sección Aves.

INTRODUCCIÓN

El poroto de soja constituye una excelente fuente de energía y aminoácidos, en particular lisina. A pesar de su elevado valor nutritivo, la semilla cruda contiene un gran número de factores antinutricionales entre ellos los inhibidores de tripsina (IT) cuantificados como Unidades de Tripsina Inhibida/mg (UTI/mg) de muestra. Considerando que estos componentes del grano de soja, en su mayoría son termolábiles, su contenido puede ser reducido mediante diferentes procesos que involucran un tratamiento con calor. (1)

Estudios recientes (2,3) han demostrado la existencia de importantes diferencias en el contenido de IT entre partidas de poroto de soja sometidas a diferentes procesos. En sojas extrusadas o procesadas por aire caliente se confirmó la presencia de niveles de IT mayores a 20 UTI/mg, siendo los valores más frecuentes entre 5 y 10. No obstante, la bibliografía sugiere situarse por debajo de 5 (4). Por otra parte, las harinas de extracción por solvente presentan contenidos de IT menores a 5 UTI/mg (3). La digestibilidad promedio de los aminoácidos utilizando gallos adultos (5) disminuyó de 91% a 85% al comparar sojas extrusadas con 11 UTI/mg vs. 22 UTI/mg y la conversión alimenticia en pollos parrilleros aumentó cuando se utilizó soja desactivada con 15 UTI/mg o más, a su vez con 20 UTI/mg el peso vivo disminuyó significativamente (6). Estos últimos resultados se obtuvieron utilizando soja extrusada. En el presente estudio se incluyó además soja desactivada por vapor, tratando de generar partidas con alto y bajo contenido de IT para evaluar el efecto de dichos inhibidores a partir de dos procesos de desactivado diferentes.

OBJETIVO

Evaluar el efecto del método de desactivado y contenido de inhibidores de tripsina remanentes sobre el desempeño de las aves.

MATERIALES & MÉTODOS

Se procedió a la obtención de muestras de poroto de soja desactivado con diferente contenido de IT remanentes. A las partidas bien desactivadas se las identificó como "Bajo IT". Variando las condiciones de trabajo, se trató de generar partidas mal desactivadas a las que se denominó "Alto IT", donde el objetivo era lograr partidas del orden de 20 UTI/mg.

En el caso de las muestras de soja desactivada por vapor, la partida denominada Bajo IT fue obtenida en base a los parámetros de rutina y utilizando la técnica de Actividad Ureásica (AU) como control indirecto de calidad de desactivado. La partida Alto IT fue obtenida disminuyendo el tiempo de residencia (mayor velocidad de la rosca) y reduciendo el ingreso de vapor.

Las muestras de poroto desactivado por extrusión se obtuvieron utilizando un extrusor de tornillo simple sin agregado de vapor. La partida Bajo IT se obtuvo alcanzando una temperatura de 112 °C en el último tramo del extrusor y la partida Alto IT reduciendo la temperatura en dicho tramo a 100 °C.

Las distintas muestras se enviaron a Labonet de Alimental para determinar contenidos de humedad, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, AU, solubilidad de proteína (SP), IT y Protein Dispersability Index (PDI).

Posteriormente se determinó el contenido de energía metabolizable verdadera (EMV) de dichos materiales utilizando la técnica de Sibbald (7) implementada en el INTA – EEA Pergamino.

Finalmente se realizó una prueba de crecimiento utilizando 450 pollitos BB machos de la línea Cobb-500 de un día de edad a los que se les suministró alimento en harina considerando cuatro etapas, preiniciador (1 – 14 días); iniciador (15 – 28 días); crecimiento (29 – 42 días) y terminador (43 – 49 días).

Se utilizó un diseño en bloques al azar, 5 tratamientos con 6 repeticiones de 15 aves cada una. Los resultados fueron evaluados mediante Análisis de Variancia de 2 vías. Prueba de Duncan para la separación de medias, utilizando el software InfoSTAT®. (8)

En el Cuadro 1 figuran los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos

Tratamientos

- 1.- Control maíz soja**
 - 2.- Poroto vapor alto IT**
 - 3.- Poroto vapor bajo IT**
 - 4.- Poroto extrusado alto IT**
 - 5.- Poroto extrusado bajo IT**
-

Las dietas se formularon utilizando el software N-utrition® 2.0 (9)(Cuadros 2 y 3).

Semanalmente se determinó el consumo de alimento considerando ave-día, el peso vivo individual y se calculó la conversión alimenticia. La mortalidad se registró diariamente.

Cuadro 2. Composición y aporte de nutrientes de las dietas experimentales (1 a 14 y 15 a 28 días)

Ingredientes (%)	1 a 14 días			15 a 28 días		
	T1	T2 y T3	T4 y T5	T1	T2 y T3	T4 y T5
Maiz semidentado	54,294	54,104	52,096	57,915	54,731	57,702
Soja Aceite	2,512	0,321		4,170	1,331	
Soja Harina (40)	35,351	22,630	25,203	31,064	14,836	13,167
Conchilla	0,443	0,418	0,421	0,435	0,397	0,403
Carne Harina <50 Grasa	6,208	6,296	6,222	5,480	5,546	5,569
Cocciostato	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Premix	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Sal	0,234	0,232	0,233	0,252	0,250	0,249
Lisina	0,252	0,271	0,163	0,124	0,078	0,068
DL-Metionina	0,333	0,344	0,324	0,244	0,239	0,251
Treonina	0,073	0,085	0,039	0,016		
Colina	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Soja Poroto Vapor		15,000			22,291	
Soja Poroto Extrusión			15,000			22,291
Nutrientes (%)						
Proteína	22,000	22,000	22,819	20,000	20,741	20,437
Lípidos	6,167	6,359	5,608	7,783	8,394	6,609
Ca	1,000	1,000	1,000	0,900	0,900	0,900
P Disponible	0,500	0,500	0,500	0,450	0,450	0,450
EMV (kcal/kg)	3,310	3,310	3,310	3,450	3,450	3,450
Lisina	1,376	1,392	1,374	1,154	1,184	1,145
Met+Cis	1,008	1,018	1,013	0,872	0,889	0,875
Treonina	0,903	0,910	0,908	0,774	0,789	0,778
Arginina	1,520	1,508	1,585	1,371	1,428	1,389
Lisina Dig.	1,270	1,270	1,270	1,060	1,060	1,060
Met+Cis Dig.	0,940	0,940	0,940	0,810	0,810	0,810
Treonina Dig.	0,800	0,800	0,800	0,680	0,680	0,680
Arginina Dig.	1,436	1,401	1,492	1,295	1,315	1,303
Alto IT (UTI/mg alimen.)	1,4	1,3/1,8	1,9/3,2	1,2	1,1/1,9	1,9/3,7

Cuadro 3. Composición y aporte de nutrientes de las dietas experimentales (29 a 42 y 43 a 49 días)

Ingredientes (%)	29 a 42 días			43 a 49 días		
	T1	T2 y T3	T4 y T5	T1	T2 y T3	T4 y T5
Maíz semidentado	63,782	63,147	65,186	67,491	66,402	68,727
Soja Aceite	4,157	1,146		3,660	1,084	
Soja Harina (40)	25,226	7,771	6,892	22,473	7,590	6,333
Conchilla	0,434	0,399	0,404	0,462	0,431	0,435
Carne Harina <50 Grasa	5,628	5,743	5,747	5,175	5,264	5,280
Coccidiostato	0,050	0,050	0,050			
Premix	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Sal	0,248	0,245	0,245	0,259	0,256	0,256
Lisina	0,056	0,072	0,043	0,090	0,091	0,079
DL-Metionina	0,168	0,181	0,187	0,160	0,167	0,177
Treonina						
Colina	0,050	0,050	0,050	0,030	0,030	0,030
Soja Poroto Vapor		20,996			18,483	
Soja Poroto Extrusión			20,996			18,483
Nutrientes (%)						
Proteína	18,000	18,089	18,000	17,000	17,216	17,000
Lípidos	7,930	8,241	6,644	7,498	7,831	6,367
Ca	0,900	0,900	0,900	0,850	0,850	0,850
P Disponible	0,450	0,450	0,450	0,420	0,420	0,420
EMV (kcal/kg)	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
Lisina	0,961	0,984	0,949	0,914	0,935	0,903
Met+Cis	0,745	0,759	0,746	0,712	0,724	0,713
Treonina	0,678	0,677	0,676	0,636	0,641	0,634
Arginina	1,208	1,202	1,185	1,118	1,126	1,097
Lisina Dig.	0,880	0,880	0,880	0,840	0,840	0,840
Met+Cis Dig.	0,690	0,690	0,690	0,660	0,660	0,660
Treonina Dig.	0,592	0,580	0,588	0,555	0,550	0,552
Arginina Dig.	1,138	1,099	1,106	1,053	1,031	1,024
IT (UTI/mg alimento)	1,0	0,8/1,5	1,6/3,3	0,9	0,7/1,4	1,4/2,9

RESULTADOS & DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se muestran los resultados referidos a calidad de desactivado.

Cuadro 4. Parámetros de calidad de desactivado

Parámetros	Unidad	Vapor		Extrusión	
		Bajo IT	Alto IT	Bajo IT	Alto IT
ID Laboratorio	#	2310	2311	2303	2301
Humedad	%	11,22	12,57	7,43	7,67
Proteína	%	33,99	34,04	36,34	36,55
Lípidos	%	21,74	21,14	21,02	22,51
Fibra Cruda	%	5,89	6,07	6,91	5,66
Actividad Ureásica	Δ pH	0,06	1,34	0,02	1,05
Proteína Soluble	%	89,50	92,65	77,72	82,85
PDI	%	34,32	49,04	12,43	35,08
IT	UTI/mg	2,42	5,79	6,26	14,44

Las diferencias observadas en contenido de humedad son propias de cada proceso y los contenidos de proteína, lípidos y fibra se sitúan dentro de los valores promedio para este tipo de materia prima (3). Los valores de actividad ureásica para las muestras Bajo IT (bien desactivadas) se sitúan por debajo de 0,15 ΔpH, valor considerado como referencia de buen desactivado. De acuerdo a lo esperable, en el caso de las muestras Alto IT (mal desactivadas) la AU fue mayor para ambos procesos. La solubilidad de proteínas promedio por proceso fue mayor en el poroto desactivado por vapor, probablemente debido a las diferentes condiciones de temperatura alcanzadas en cada proceso. A su vez, la solubilidad de proteínas de las muestras Alto IT fue mayor respecto de las Bajo IT, este resultado sería consecuencia de un tratamiento térmico de menor magnitud. Los valores de PDI siguen un patrón similar al descrito para solubilidad de proteínas.

Respecto al contenido de IT si bien se observaron diferencias entre partidas bien y mal desactivadas, los valores de la partida Alto IT de poroto desactivado por vapor fue mucho menor que el buscado (20 UTI/mg). Como en otras oportunidades, con extrusión no fue posible alcanzar niveles inferiores a 5 UTI/mg.

Comparando procesos de desactivado, la muestra de poroto desactivado por vapor Alto IT presentó un contenido de IT inferior a la muestra desactivada por extrusión Bajo IT (5.79 vs 6.26 UTI/mg) y un valor de AU mucho mayor (1,34 vs. 0,02 ΔpH). Estos resultados muestran que el método de desactivado afecta de diferente manera a la AU y al contenido de IT propiamente dicho.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados de energía metabolizable

Cuadro 5. Contenido de energía metabolizable (Base tal cual)

Parámetros	Vapor		Extrusión	
	Bajo IT	Alto IT	Bajo IT	Alto IT
Energía Bruta kcal/kg	5213	5214	5117	5061
EMV kcal/kg	3410	3296	3750	3718
EMV/EB %	65.4	63.2	73.3	73.5

Al comparar partidas con Alto y Bajo IT, se observó que la EMV de las sojas Alto IT, particularmente en el proceso de desactivado por vapor, fue menor. Este resultado se dio aún con un contenido relativamente bajo de IT (5,79 UTI/mg). Al comparar la EMV promedio de las sojas extrusadas con el promedio de las sojas desactivadas por vapor se encontró un diferencial de 381 kcal/kg a favor de la extrusión aun considerando que el contenido de IT promedio de los porotos extrusados fue mayor que el de los desactivados por vapor (4,1 vs. 10,4 UTI/mg). Esto se explicaría por una mejora en la utilización de la energía bruta, consecuencia del efecto de amasado, corte, compresión y descompresión brusca del material que se genera con dicho proceso, lo cual facilita la posterior digestión de sus nutrientes.

Al respecto, Kakade y col. (10) demostraron en experiencias con ratas que la remoción de inhibidores de tripsina explicaba solo el 40% de la mejora lograda al desactivar soja. Dichos autores sugieren que la proteína de soja en su estado natural sería refractaria a la acción de las enzimas y que el tratamiento térmico aplicado con el desactivado, además de reducir el nivel de inhibidores, permitiría una mejor digestibilidad de dichas proteínas.

Estos resultados mostraron que la utilización de la energía por parte del ave dependió del proceso de desactivado.

A pesar de no haberse logrado partidas mal desactivadas del orden de las 20 UTI/mg, se realizó una prueba de crecimiento para evaluar los materiales disponibles.

En los cuadros 6 a 9 figuran los resultados zootécnicos.

Cuadro 6. Consumo (g)

Tratamientos	Días						
	7	14	21	28	35	42	49
1- Control	108	454	1076 ^a	1986	3215	4601	6055
2- Vapor alto IT	106	439	1037 ^b	1944	3201	4581	6036
3- Vapor bajo IT	110	447	1065 ^a	1991	3260	4681	6169
4- Extr. alto IT	111	445	1052 ^{ab}	1971	3207	4567	5999
5- Extr. bajo IT	109	445	1059 ^{ab}	1971	3216	4601	6043
<i>Probabilidad</i>		0,21	0,03	0,38	0,55	0,28	0,29
<i>CV %</i>		2,2	1,8	2,1	2,0	2,0	2,2

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

No se observaron diferencias en consumo de alimento entre tratamientos exceptuando vapor alto IT que tuvo el menor consumo a los 21 días.

Cuadro 7. Peso (g)

Tratamientos	Días						
	7	14	21	28	35	42	49
1- Control	137	379 ^a	804 ^a	1365 ^a	2030	2682	3362
2- Vapor alto IT	133	367 ^{bc}	774 ^b	1312 ^b	1972	2609	3278
3- Vapor bajo IT	132	365 ^c	795 ^{ab}	1305 ^{ab}	2013	2658	3336
4- Extr. alto IT	138	371 ^{bc}	795 ^{ab}	1320 ^a	2021	2652	3320
5- Extr. bajo IT	138	373 ^{ab}	806 ^a	1328 ^a	2024	2680	3344
<i>Probabilidad</i>		<0,01	0,04	0,04	0,27	0,23	0,47
<i>CV %</i>		1,5	2,2	2,5	2,4	2,1	2,4

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

El peso vivo del tratamiento vapor Alto IT fue menor comparado con el control, siendo las diferencias significativas entre los 14 y 28 días. Los restantes tratamientos no difirieron respecto del control exceptuando vapor Bajo IT y extrusado Alto IT a los 14 días que pesaron menos. Las diferencias observadas entre vapor Alto IT y Bajo IT no fueron significativas. Comparado con vapor Alto IT, los porotos extrusados, independientemente del nivel de IT, mostraron una tendencia a ser más pesados, siendo las diferencias significativas a los 28 días.

Cuadro 8. Conversión

Tratamientos	Días						
	7	14	21	28	35	42	49
1- Control	0,789	1,198	1,339	1,455	1,584	1,715 ^b	1,801 ^b
2- Vapor alto IT	0,793	1,197	1,341	1,482	1,624	1,756 ^a	1,842 ^a
3- Vapor bajo IT	0,831	1,226	1,341	1,477	1,619	1,761 ^a	1,849 ^a
4- Extr. alto IT	0,808	1,201	1,324	1,447	1,587	1,722 ^b	1,807 ^b
5- Extr. bajo IT	0,792	1,194	1,316	1,438	1,590	1,717 ^b	1,808 ^b
<i>Probabilidad</i>		0,44	0,56	0,08	0,10	0,03	<0,01
<i>CV %</i>		2,7	2,4	2,0	1,9	1,4	1,3

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Comparado con el control, la conversión alimenticia de los porotos procesados con vapor fue más alta, siendo las diferencias significativas a los 42 y 49 días. Los porotos extrusados presentaron menor conversión que los porotos desactivados por

vapor, siendo las diferencias significativas a los 42 y 49 días. No se observaron diferencias entre porotos extrusados y control.

Cuadro 9. Peso/Conversión

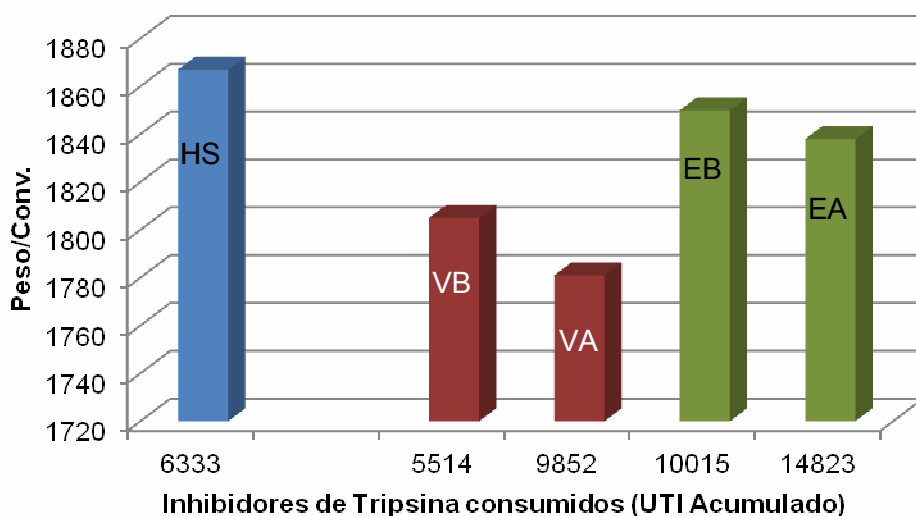
Tratamientos	Días						
	7	14	21	28	35	42	49
1- Control	173	317	601	938 ^a	1282	1564 ^a	1867
2- Vapor alto IT	168	307	578	886 ^b	1216	1486 ^b	1781
3- Vapor bajo IT	159	298	593	913 ^{ab}	1243	1510 ^{ab}	1805
4- Extr. alto IT	170	310	601	943 ^a	1274	1540 ^{ab}	1838
5- Extr. bajo IT	174	313	614	955 ^a	1275	1562 ^a	1850
<i>Probabilidad</i>		0,08	0,22	0,03	0,14	0,05	0,12
<i>CV %</i>		3,7	4,3	4,1	3,9	3,1	3,2

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Comparado con el control, la relación peso/conversión de los pollos que recibieron poroto vapor Alto IT fue menor, siendo las diferencias significativas a los 28 y 42 días. Los restantes tratamientos no difirieron respecto del control.

En el Gráfico 1 se muestra la relación peso/conversión considerando la ingesta acumulada de IT.

Gráfico 1. Efecto de la ingesta de Inhibidores de Tripsina sobre la relación peso/conversión



HS: Control a base de Harina de Soja; VB: Vapor Bajo IT; VA: Vapor Alto IT; EB: Extrusado Bajo IT; EA: Extrusado Alto IT.

La peor respuesta observada con poroto vapor no sería exclusivamente debida al contenido de IT, dado que los pollos que recibieron dietas con poroto extrusado, a pesar de haber tenido un mayor consumo de IT, presentaron una relación peso/conversión mayor y similar a la lograda con la dieta control a base de harina de soja.

Los resultados correspondientes a la prueba de crecimiento mostraron que no hubo diferencias en el desempeño de las aves al comparar dietas a base de harina de soja y aceite con dietas a base de poroto desactivado por extrusión, aun triplicando la ingesta de inhibidores de tripsina (harina de soja vs extrusado Alto IT).

Estos resultados son coincidentes con experiencias anteriores (6,11) donde, se observó un claro efecto detrimental de los inhibidores de tripsina con niveles de 20 UTI/mg de soja y con 15 UTI/mg se entraba en una zona de transición siendo los

valores seguros aquellos que se sitúen por debajo de 10 UTI/mg de soja o de 2,5 a 3,0 UTI/mg de alimento.

Como se indicara al considerar la EMV de estos materiales, al aplicarse un tratamiento diferente en cuanto a tiempo de exposición, temperatura y presión, no siempre se lograron las condiciones necesarias para que el ave pueda maximizar la utilización de las proteínas de la soja, a pesar de haberse controlado el contenido de IT remanentes.

CONCLUSIONES

- No es sencillo generar, con los procesos de desactivado evaluados, las condiciones necesarias para modular el contenido de inhibidores de tripsina remanentes.
- Con el proceso de extrusión, no fue posible alcanzar los valores de IT presentes en harinas de extracción o en poroto desactivado por vapor (menos de 4 - 5 UTI/mg). En cambio no sería complicado alcanzar valores de IT mas altos.
- Con el proceso por vapor, con las condiciones estándares de trabajo se lograron bajos niveles de IT (<3 UTI/mg) asociados a valores de actividad ureásica menores a 0,1 Δ pH.
- Al intentar obtener partidas con alto IT, se lograron niveles de sólo 6 UTI/mg pero con valores de actividad ureásica mayores a 1,0 Δ pH y con una pobre relación EMV/EB (caída de la utilización de la energía bruta). Estos resultados indicarían que el tratamiento térmico fue suficiente para controlar los IT pero insuficiente como para maximizar la digestibilidad de los nutrientes.
- La AU como indicador indirecto de la presencia de IT remanentes resulta relativamente segura, dado que para el proceso de desactivado por extrusión no se ha encontrado una buena correlación con los IT, corriendo el riesgo de considerar como bien desactivadas a partidas que no han sido correctamente procesadas mientras que, con el desactivado por vapor (harinas de extracción o poroto desactivado por vapor) se observó una buena asociación, y generalmente valores de AU bajos son indicativos de bajos contenidos de IT remanentes.
- Los resultados correspondientes a la prueba de crecimiento muestran que no hubo diferencias en el desempeño de las aves al comparar dietas a base de harina de soja y aceite con dietas a base de poroto desactivado por extrusión.
- Al considerar los tratamientos que recibieron poroto desactivado por vapor, en el caso de la partida alto IT se observó una caída significativa en el desempeño de las aves. Con la partida bajo IT solo se vio afectada la conversión alimenticia. Las diferencias zootécnicas encontradas con este proceso se explicarían en mayor medida por la menor digestibilidad de los nutrientes en general y no tanto a la presencia de IT remanentes.

AGRADECIMIENTOS

Quedamos agradecidos con el Agr. Omar Sceglia (INTA – EEA Pergamino, Sección Aves) por la asistencia técnica brindada durante la realización del presente ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

1. FEDNA. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. 2nd ed. de Blas C, Mateos GG, Rebollar PG, editors. Madrid: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal; 2003.
2. Azcona JO, Iglesias BF, Morao L, Charriere MV. Inhibidores de tripsina en complejo soja: Relevamiento. In Pasinato A, Santini F, Geraci J, editors. Jornadas proyecto nacional de nutrición animal. Buenos Aires: Ediciones INTA - GESyC; 2010. p. 81-88.
3. Azcona JO, Iglesias BF, Morao LR, Schang MJ. Composición de ingredientes argentinos: maíz y soja. In I Congreso Argentino de Nutrición Animal; 2007; Congreso Argentino de Nutrición Animal. Parque Norte - Buenos Aires: CAENA.
4. Monari S. Fullfat soya handbook. 2nd ed. Wiseman J, editor. Bruselas: American Soybean Association; 1996.
5. Sibbald IR. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs. Poultry Science. 1979; 58: p. 668-673.
6. Azcona JO, Iglesias BF, Morao L, Charriere MV. Inhibidores de tripsina en complejo soja: 1ra prueba de crecimiento. In Pasinato A, Santini F, Geraci J, editors. Jornadas proyecto nacional de nutrición animal. Buenos Aires: Ediciones INTA - GESyC; 2010. p. 89-97.
7. Sibbald IR. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. Poultry Science. 1976; 55: p. 303-308.
8. InfoSTAT. [software estadístico]. Manual del usuario. Córdoba; 2011.
9. DAPP. N-utrition 2.0. Colón; 2003.
10. Kakade ML, Hoffa DE, Liener IE. Contribution of trypsin inhibitors to the deleterious effects of unheated soybeans fed to rats. The Journal of Nutrition. 1973; 103: p. 1772-1778.
11. Azcona JO, Iglesias BF, Morao L, Charriere MV. Inhibidores de tripsina en el complejo soja: 2da prueba de crecimiento. In Pasinato A, Santini F, Geraci J, editors. Jornadas proyecto nacional de nutrición animal. Buenos Aires: Ediciones INTA - GESyC; 2010. p. 99-104.