

## Comparative evaluation of processes for production of soybean meal for poultry feed in Nigeria

### Evaluación comparativa de procesos para la producción de harina de soya para la alimentación de pollos en Nigeria

A. N. Anozie<sup>1</sup>, O. A. Salami<sup>2</sup>, Damilola E. Babatunde<sup>1</sup> and Odunayo E. Babatunde<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Covenant University, P.M.B 1023, Ota, Ogun State, Nigeria.

<sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Obafemi Awolowo University, P.M.B 13, Ile – Ife, Osun State, Nigeria.

<sup>3</sup>Department of Nutrition and Dietetics, Federal University of Agriculture, P. M. B 2240, Ogun-state, Nigeria

Email: damilola.babatunde@covenantuniversity.edu.ng

This work examined and compared three processes for production of low trypsin inhibitor soybean meal. Soybean flour was subjected to roasting, autoclaving and steaming to denature trypsin inhibitors. Roasting was done at 120, 130, 135 and 140 °C for 5, 7, 8 and 9 minutes, respectively. Autoclaving was carried out at 121°C, 15psig for 20, 30, 40 and 50 minutes. Steaming was carried out at 105 °C for 10, 12, 15 and 18 minutes. Defatting of the samples was done and the activity of trypsin inhibitor was investigated. Proximate analysis and quality tests was carried out to ascertain quality of the heat treated soybean meals. Trypsin inhibitor in the soybean meals from the three heat treatment processes ranged from 1.20 to 3.54mg/g while that of raw sample was 6.01mg/g. Percentage crude protein in all the heat treated samples ranged from 39.38 to 40.58 % while that of raw sample was 44.60 %. Urease index ranged from 0.11 to 2.07 % for all heat treated samples while it was 2.11 % for the raw samples. % KOH protein solubility in Soybean meal from the three processes ranged from 45.2 to 73.1 % while that of the raw sample was 49.1%. The results were statistically significant at  $p > 0.05$ . At significance level of  $p > 0.05$  it was established that local soybeans can be processed with adequate heat to obtain low activity soybean meal with good nutrient standard. The steaming process operated at 105 °C for 18 minutes gave the best overall results with trypsin inhibitor activity of 1.20 mg/g.

Keywords: *Heat treatment, anti-nutrition factor, trypsin inhibitor, nutritive value*

Soybean meal in its untreated form contains a number of anti-nutritional factors (ANF) that have the potential of seriously diminishing its nutritional value to the point of decreasing animal health and performance (Gemede and Ratta 2014 and Rocha *et al.* 2014). Treatment of soybeans to eliminate these anti-nutritional factors is thus necessary especially in the case of monogastric diets. The deleterious components in soybean meal include several protease inhibitors generally called trypsin inhibitors (Rada *et al.* 2017), hemagglutinins or lectins (Udeogu and Awuchi 2016), goitrogens (Dourado *et al.* 2011 and Bajaj 2016), saponins (Omizu 2011 and Chaturvedi, 2012) and urease (Real-Guerra *et al.* 2013 and Khan *et al.* 2013). The presence of these factors in relatively large amounts places a restriction on the use of soybeans and their products in poultry diets. These anti-nutritional

Este estudio examinó y comparó tres procesos para la producción de harina de soya bajo inhibidor de tripsina. La harina de soya fue sometida a tostado, autoclave y vapor para desnaturalizar los inhibidores de la tripsina. El tostado se realizó a 120, 130, 135 y 140 °C durante 5, 7, 8 y 9 minutos, respectivamente. El tratamiento en autoclave se llevó a cabo a 121 °C, 15 psig durante 20, 30, 40 y 50 minutos. La cocción al vapor se realizó a 105 °C durante 10, 12, 15 y 18 minutos. Se realizó el desengrase de las muestras y se investigó la actividad del inhibidor de tripsina. Se llevaron a cabo análisis aproximado y pruebas de calidad para determinar la calidad de la harina de soya tratada térmicamente. El inhibidor de tripsina en la harina de soya de los tres procesos de tratamiento térmico varió de 1.20 a 3.54 mg/g, mientras que el de la muestra sin procesar fue de 6.01 mg/g. El porcentaje de proteína bruta en todas las muestras tratadas térmicamente varió de 39.38 a 40.58%, mientras que el de las muestras sin procesar fue de 44.60%. El índice de ureasa varió de 0,11 a 2.07% para todas las muestras tratadas con calor, mientras que para las muestras sin procesar fue de 2,11%. La solubilidad de la proteína % KOH en la harina de soya de los tres procesos varió de 45.2 a 73.1 %, mientras que la de la muestra sin procesar fue 49.1%. Los resultados fueron estadísticamente significativos para  $P > 0.05$ . Con un nivel de significación de  $P > 0.05$ , se estableció que la soya local puede procesarse con calor adecuado para obtener harina de soya de baja actividad con un buen estándar de nutrientes. El proceso de tratamiento con vapor a 105 °C durante 18 minutos dio los mejores resultados generales con una actividad inhibitoria de la tripsina de 1.20 mg/g.

Palabras claves: *Tratamiento térmico, factor anti-nutrición, inhibidor de tripsina, valor nutritivo*

La harina de soya no tratada contiene una serie de factores anti -nutricionales (FAN) que tienen el potencial de disminuir seriamente su valor nutricional hasta el punto de disminuir la salud y el rendimiento animal (Gemede y Ratta 2014 y Rocha *et al.* 2014). El tratamiento de la soya para eliminar estos factores anti-nutricionales es, por lo tanto, especialmente necesario en el caso de las dietas monogástricas. Los componentes perjudiciales en la harina de soya incluyen varios inhibidores de proteasa generalmente llamados inhibidores de tripsina (Rada *et al.* 2017), hemagglutininas o lectinas (Udeogu y Awuchi 2016), goitrógenos (Dourado *et al.* 2011 y Bajaj 2016), saponinas (Omizu 2011 y Chaturvedi 2012) y ureasa (Real-Guerra *et al.* 2013 y Khan *et al.* 2013). La presencia de estos factores en cantidades relativamente grandes restringe el uso de soya y sus productos en las dietas de pollos. Estos factores antinutricionales son la

factors give reason why processing techniques are applied to soybeans and the most important of all these ANF is trypsin inhibitors.

It has been reported that trypsin inhibitors interfere with the digestion of proteins in the intestine of young chicks (Goebel and Stein 2011) and raw soybean meal causes enlargement of the pancreas of growing chicks because of the presence of deleterious components in large amounts (Beuković *et al.* 2012 and Dei 2011 and Foley *et al.* 2013). Effects of raw soybean meal on growth inhibition of chicks could not be overcome by supplementing the diet with methionine, lysine, etcetera (Loeffler *et al.* 2013). Hence, the need for suitable process and process conditions for adequate denaturing of trypsin inhibitor while also conserve the nutritional quality of soybean meal.

Nigeria, the leading producer of soybean in Sub-Saharan Africa (Mubichi 2017), has an estimated installed annual soybean crushing capacity of 600,000 MT to obtain oil for industrial use and soybean meal (USDA 2011). The soybean meal (SBM) utilized in Nigeria for poultry feed is a by-product of roasting operation and oil extraction either by screw press or hydraulic press (Moses 2014). It is desirable to produce soybean meal for poultry feed by other processes, examine the anti-nutritional content of the soybean meal produced and make comparison of the quality of soybean meal from these processes. Poultry feed meal with very low trypsin inhibitor content will certainly be safer for poultry in Nigeria.

The objectives of this study were to produce soybean meal using three heat treatment processes, namely: roasting, autoclaving and steaming, followed by solvent extraction of oil; carry out trypsin inhibitor analysis, proximate analysis and quality tests of the soybean meal; and make comparisons of the results from the processes and identify the best process and process conditions.

### Materials and Methods

*Preparation of Soybean.* Foreign materials were separated from soybean using double sieve method. The cleaned beans were then placed in the oven at 38 °C for 24 h. After this step, the beans were crushed into large fragments, de-hulled, placed in oven at 55 °C for 20 min and grinded into powder using hammer milling machine (Hanssen 2003).

*Heat treatment of samples.* Soybean was subjected to three heat treatments at varied conditions. The samples were properly labelled and studies were carried out in triplicates.

*Steaming.* For each run, 50 g of soybean powder was spread on the screen of a steamer. The soybean was heated by direct conduction for the period of 10, 12, 15 and 18 minutes using steam at a temperature of 105 °C. The cake was cooled and dried (Gilbert *et al.* 2000).

razón por la cual las técnicas de procesamiento se aplican a la soya y el más importante de todos estos FAN son los inhibidores de tripsina.

Se ha informado que los inhibidores de tripsina interfieren con la digestión de las proteínas en el intestino de los polluelos jóvenes (Goebel y Stein 2011) y la harina de soya cruda provoca la ampliación del páncreas de los pollos en crecimiento debido a la presencia de componentes perjudiciales en grandes cantidades (Beuković *et al.* 2012 y Dei 2011 y Foley *et al.* 2013). Los efectos de la harina de soya cruda en la inhibición del crecimiento de los pollos no pudieron superarse mediante la suplementación de la dieta con metionina, lisina, etc. (Loeffler *et al.* 2013). Por lo tanto, la necesidad de un proceso adecuado y las condiciones del proceso para una desnaturalización adecuada del inhibidor de tripsina a la vez que se conserva la calidad nutricional de la harina de soya.

Nigeria, el principal productor de soya en el África Subsahariana (Mubichi 2017), tiene una capacidad anual estimada de trituración de soya de 600,000 TM para obtener aceite para uso industrial y harina de soya (USDA 2011). La harina de soya (HS) utilizada en Nigeria para la alimentación de pollos es un subproducto de la operación de tostado y extracción de aceite mediante prensa de tornillo o prensa hidráulica (Moses 2014). Es conveniente producir harina de soya para la alimentación de pollos mediante otros procesos, examinar el contenido antinutricional de la harina de soya producida y comparar la calidad de la misma a partir de estos procesos. La harina para pollos con un contenido muy bajo de inhibidores de tripsina sin duda será más segura para los pollos en Nigeria.

Los objetivos de este estudio fueron producir harina de soya usando tres procesos de tratamiento térmico: tostado, autoclave y vapor, seguido de extracción con solvente de aceite; llevar a cabo análisis de inhibidores de tripsina, análisis próximos y pruebas de calidad de la harina de soya; y hacer comparaciones de los resultados de los procesos e identificar los mejores procesos y condiciones de procesos

### Materiales y Métodos

*Preparación de la soya.* Los materiales extraños se separaron de los granos de soya utilizando el método de doble tamiz. Los granos limpios se colocaron en estufa a 38 °C durante 24 horas. Después de este paso, los granos fueron triturados en fragmentos grandes, descascarados, colocados en el horno a 55 °C durante 20 minutos y molidos en polvo utilizando un molino de martillo (Hanssen 2003).

*Tratamiento térmico de muestras.* La soya fue sometida a tres tratamientos de calor en condiciones variadas. Las muestras se marcaron adecuadamente y los estudios se realizaron por triplicado.

*Vapor.* Para cada ejecución, 50 g de polvo de soya fueron esparcidos en la criba de la vaporera. La soya se calentó por conducción directa durante un período de 10, 12, 15 y 18 minutos usando vapor a una temperatura de

*Autoclaving.* In this study, four runs of autoclaving were done for a period of 20, 30, 40 and 50 minutes, respectively. For each of the runs, 50 g of soybean powder was wrapped in hard polythene and was cooked in an autoclave operated at 121 °C and 15 psi. The autoclaved samples were kept in cool and dry condition (Herrman 2001).

*Roasting.* In this study, 50g of soybean powder was spread on a thin layer of tray and placed in an oven. Four runs of roasting was done and the oven was operated at 120 °C for 5 minutes, 130 °C for 7 minutes, 135 °C for 8 minutes and 140 °C for 9 minutes, respectively (Gill 2003).

*Defatting of soya bean meal.* Each sample of the steamed, autoclaved and roasted soybean powder was defatted using Soxhlet extractor. N-hexane was used as the solvent and was gently heated for 3 hr. At the end of each run, the defatted cake was removed, de-solventised by oven drying at 37 °C. The extracted oil along with the hexane was boiled in order to remove the hexane and the percentage of extracted oil was calculated (Herrman 2001).

*Analytical methods.* The effects of heat treatments on nutrient availability, quality of protein and trypsin activity on the soybean meals were analyzed.

*Trypsin inhibitor analysis.* 2g each of the treated soybean powder was homogenized with 12 mL phosphate buffer. The mixtures were centrifuged and the aliquots were taken to study their inhibitory activity. For each of the inhibitory activity studies, 0.1mL of soybean aliquot was mixed with 0.1 mL of 1 mg/mL trypsin solution. This was allowed to stand at 0 °C for 10 min before 0.3 mL of 2 % casein was added. The mixture was incubated in the water bath for 20 min at 37 °C. The reaction was stopped and undigested casein was precipitated by the addition of 0.5 mL of 2.9 M perchloride acid (Iwamoto and Abiko 1970). The undigested casein, larger inhibitor fragments and enzyme protein were removed by centrifuging for 5 min. In addition to the test samples, two control experiments were run simultaneously. Control experiment 1 was done without the addition of any inhibitor and control experiment 2 was done with casein only. The amounts of soluble inhibitors in the supernatant acid were estimated using the method of Lowry *et al.* (1951). The absorbances of the clear supernatant were measured using a UV spectrophotometer (Camspec and Model M201) and the percentage inhibition was calculated using the following equation:

$$\% \text{ Inhibition} = \left( \frac{(\text{test sample-blank 2})}{(\text{blank 1-blank 2})} \right) \times 100 \quad (1)$$

Where, blank 1 is control without the addition of any inhibitor and blank 2 is control with casein only.

*Proximate analysis.* The moisture content of the

105 °C. La torta se enfrió y se secó (Gilbert *et al.* 2000).

*Autoclave.* En este estudio, se realizaron cuatro tandas de autoclave durante un período de 20, 30, 40 y 50 minutos, respectivamente. Para cada uno de los experimentos, se envolvieron 50 g de polvo de soya en polietileno duro y se cocieron en una autoclave a 121 °C y 15 psi. Las muestras tratadas en autoclave se mantuvieron en condiciones secas y frescas (Herrman 2001).

*Tostado.* En este estudio, se esparcieron 50 g de polvo de soya en capa fina en una bandeja y se colocaron en el horno. Se realizaron cuatro ejecuciones de tostado y el horno se hizo funcionar a 120 °C durante 5 minutos, a 130 °C durante 7 minutos, a 135 °C durante 8 minutos y a 140 °C durante 9 minutos, respectivamente (Gill 2003).

*Desgrase de la harina de soya.* Cada muestra del polvo de soya tratado al vapor, tratado en autoclave y tostado fue desgrasada usando el extractor Soxhlet. Se usó N-hexano como disolvente y se calentó suavemente durante 3 horas. Al final de cada ejecución, la torta desengrasada se retiró, se eliminó el solvente mediante secado en horno a 37 °C. El aceite extraído junto con el hexano se hirvió para eliminar el hexano y se calculó el porcentaje de aceite extraído (Herrman 2001).

*Métodos analíticos.* Se analizaron los efectos de los tratamientos térmicos en la disponibilidad de nutrientes, la calidad de la proteína y la actividad de tripsina en la harina de soya.

*Análisis del inhibidor de tripsina.* 2 g de cada uno de los polvos de soya tratados se homogenizaron con 12 mL de tampón de fosfato. Las mezclas se centrifugaron y se tomaron alícuotas para estudiar su actividad inhibidora. Para cada uno de los estudios de la actividad inhibidora, se mezclaron 0.1 mL de alícuota de soya con 0.1 mL de 1 mg/mL de solución de tripsina. Esto se dejó reposar a 0 °C durante 10 minutos antes de que se añadieran 0.3 mL de caseína al 2 %. La mezcla se incubó en baño de agua durante 20 min a 37 °C. La reacción se detuvo y la caseína no digerida se precipitó mediante la adición de 0.5 mL de ácido percloruro 2.9 M (Iwamoto y Abiko 1970). La caseína no digerida, los fragmentos inhibidores más grandes y la proteína enzimática se eliminaron mediante centrifugación durante 5 minutos. Además de las muestras de prueba, se realizaron dos experimentos de control simultáneamente. El experimento de control 1 se realizó sin la adición de ningún inhibidor y el experimento de control 2 se realizó solo con caseína. Las cantidades de inhibidores solubles en el sobrenadante ácido se estimaron usando el método de Lowry *et al.* (1951). Las absorbancias del sobrenadante claro se midieron usando un espectrofotómetro UV (Camspec y Modelo M201) y el porcentaje de inhibición se calculó usando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Inhibidor} = \left( \frac{(\text{muestra de prueba-blanco 2})}{(\text{blanco 1-blanco 2})} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde, el blanco 1 es el control sin la adición de ningún inhibidor y el blanco 2 es el control con caseína solamente.

treated soybean meal was determined according to AOAC (2010) official method and expressed as a percentage of total weight of original sample. The ash content of the soybean meal was determined according to AOAC (2010) official method. The crude protein of the soybeans was estimated using the Kjeldahl method, the nitrogen content of the digested sample was determined using Kjeldahl automated nitrogen analyzer (Foss Model 2300) and the percentage crude protein was estimated from the nitrogen content as previously reported by van Eys *et al.* (2004). The crude fiber of the soybean meal was determined using method described by AOAC (2010) official method. The ether extract was determined by following procedure described by van Eys *et al.* (2004). The urease index level was determined by method described by AOCS (1993). The KOH protein solubility was determined using method previously reported (Araba and Dale 1990). To determine the protein dispersability index (PDI), the nitrogen content of soybean meal sample was analyzed using the Kjeldahl method and expressed as a percentage of the original soybean protein content of the sample that was dispersed in water (ASA 2005).

*Statistical analysis.* Results obtained from the laboratory were subjected to statistical analysis using IBM SPSS Statistics 23. One-way ANOVA test was run on the values and means were separated using Duncan multiple range test (DMRT). The samples were done in triplicate

### Results and Discussion

The table 1 revealed that at  $p < 0.05$ , there is a significant difference in the mean values of trypsin. The results generally showed the action of heat to denature trypsin inhibitor. The absorbance is a measure of activity. At  $p < 0.05$ , it was observed that the highest inhibitor activity of 3.54 mg/g occurred in beans roasted at 120 °C for 5 minutes. This could be as a result of low roasting temperature and short time of roasting. Furthermore, at significant level set at 5%, soybean meal processed with steam at 105°C for 18 minutes gave the best result with inhibitor activity of 1.20 mg/g. The untreated beans gave a very high trypsin activity of 6.01 mg/g. Roasting at low temperatures (120 °C – 135 °C) for short period (5min – 8min) is inadequate to sufficiently denature trypsin inhibitor in soybean to obtain SBM with trypsin inhibitor between 1.75 – 2.50 mg/g which is taken to be safe (NOPA, 2011). However, for the preservation of the nutritional contents of SBM, especially, the protein content, prolonged heating and high temperature of heating is not desirable because excessive heat denatures protein.

The proximate analysis results are presented in table 2. The data presented in Table 2 was analyzed statistically with ANOVA and mean was separated using

*Análisis proximal.* El contenido de humedad de la harina de soya tratada se determinó de acuerdo con el método oficial AOAC (2010) y se expresó como un porcentaje del peso total de la muestra original. La proteína bruta de la soya se estimó utilizando el método Kjeldahl, el contenido de nitrógeno de la muestra digerida se determinó utilizando el analizador automático de nitrógeno Kjeldahl (Foss modelo 2300) y el porcentaje de proteína bruta se estimó a partir del contenido de nitrógeno como se informó anteriormente por van Eys *et al.* (2004). La fibra bruta de la harina de soya se determinó utilizando el método descrito por el método oficial AOAC (2010). El extracto de éter se determinó mediante el procedimiento descrito por van Eys *et al.* (2004). El índice de ureasa se determinó mediante el método descrito por AOCS (1993). La solubilidad de la proteína en KOH se determinó usando el método previamente informado (Araba y Dale 1990). Para determinar el índice de dispersabilidad proteica (IDP), el contenido de nitrógeno de la muestra de harina de soya se analizó utilizando el método Kjeldahl y se expresó como porcentaje del contenido original de proteína de soya de la muestra que se dispersó en agua (ASA 2005).

*Análisis estadístico.* Los resultados obtenidos del laboratorio se sometieron a análisis estadístico con IBM SPSS Statistics 23. Se realizó ANOVA a los valores y las medias se separaron utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan (DMRT). Las muestras fueron hechas por triplicado.

### Resultados y Discusión

La tabla 1 reveló que para  $P < 0.05$ , hay una diferencia significativa en los valores promedio de tripsina. Los resultados generalmente mostraron la acción del calor para desnaturar el inhibidor de la tripsina. La absorbancia es una medida de actividad. Para  $P < 0.05$ , se observó que la actividad inhibidora más alta de 3.54 mg/g ocurrió en los granos tostados a 120 °C durante 5 minutos. Esto podría ser el resultado de la baja temperatura de tostado y su corto tiempo de tostado. Además, al nivel significativo establecido en 5%, la harina de soya procesada con vapor a 105°C durante 18 minutos dio el mejor resultado con una actividad inhibidora de 1.20 mg/g. Los granos no tratados dieron una actividad de tripsina muy alta de 6.01 mg/g. El tostado a bajas temperaturas (120 °C - 135 °C) durante corto período (5min - 8min) es inadecuado para desnaturar suficientemente el inhibidor de la tripsina en la soya para obtener HS con inhibidor de la tripsina entre 1.75 – 2.50 mg/g que se toma como seguro (NOPA 2011). Sin embargo, para la conservación de los contenidos nutricionales de HS, especialmente, el contenido de proteína, el calentamiento prolongado y la alta temperatura de calentamiento no son convenientes debido a que el calor excesivo desnaturiza la proteína.

Los resultados del análisis proximal se muestran en la tabla 2. Los datos presentados se analizaron estadísticamente con ANOVA y la media se separó mediante DMRT. El nivel de significación se estableció en 5%. El resultado reveló que

Table 1. Trypsin inhibitor activity

Sample description	Trypsin inhibitor activity (mg/g)
Aut °C lave 121 °C ,15 psi, 20 min	1.92±0.03 <sup>d</sup>
Aut °C lave 121 °C ,15 psi, 30 min	1.89±0.02 <sup>d</sup>
Aut °C lave 121 °C ,15 psi, 40 min	1.39±0.04 <sup>g</sup>
Aut °C lave 121 °C ,15 psi, 50 min	1.62±0.04 <sup>e</sup>
Roast 120 °C , 5min	3.54±0.02 <sup>a</sup>
Roast 130 °C , 7min	2.98±0.01 <sup>b</sup>
Roast 135 °C , 8min	2.62±0.03 <sup>c</sup>
Roast 140 °C , 9min	1.64±0.03 <sup>e</sup>
Steam 105 °C , 10min	1.46±0.02 <sup>f</sup>
Steam 105 °C , 12min	1.36±0.03 <sup>g</sup>
Steam 105 °C , 15min	1.24±0.01 <sup>h</sup>
Steam 105 °C , 18min	1.20±0.05 <sup>h</sup>
Raw	6.01±0.76

<sup>abcdefgh</sup>Values having different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ). The data presented in the table are mean of the triplicate determination  $\pm$  standard deviation

Table 2. Proximate analysis

Sample	% moisture	% Ash	% Crude fiber	% Crude protein	Ether Extract	
					% Oil Extracted	% Soybean meal
Autoclave 121°C ,15 psi, 20 min	3.00±0.13 <sup>c</sup>	5.50±0.04 <sup>a</sup>	4.3±0.05 <sup>a</sup>	40.20±5.08 <sup>ab</sup>	19.00±0.60 <sup>abc</sup>	81.00±2.62 <sup>a</sup>
Autoclave 121°C ,15 psi, 30 min	2.50±0.11 <sup>e</sup>	5.00±0.13 <sup>b</sup>	4.0±0.07 <sup>b</sup>	40.20±1.47 <sup>ab</sup>	19.80±0.43 <sup>bcd</sup>	80.20±1.18 <sup>a</sup>
Autoclave 121°C ,15 psi, 40 min	2.50±0.15 <sup>f</sup>	5.00±0.25 <sup>b</sup>	4.0±0.03 <sup>b</sup>	40.10±0.95 <sup>ab</sup>	21.60±0.96 <sup>cde</sup>	78.40±2.42 <sup>a</sup>
Autoclave 121°C ,15 psi, 50 min	2.50±0.05 <sup>f</sup>	5.50±0.04 <sup>a</sup>	4.4±0.04 <sup>a</sup>	40.13±1.58 <sup>ab</sup>	18.60±0.35 <sup>e</sup>	81.40±1.48 <sup>a</sup>
Roast 120°C, 5min	1.50±0.15 <sup>c</sup>	4.90±0.12 <sup>b</sup>	3.8±0.04 <sup>c</sup>	40.58±0.90 <sup>a</sup>	21.60±2.0 <sup>e</sup>	78.40±2.26 <sup>a</sup>
Roast 130°C, 7min	1.50±0.20 <sup>d</sup>	5.00±0.20 <sup>b</sup>	3.8±0.16 <sup>c</sup>	40.58±1.35 <sup>ab</sup>	21.00±1.56 <sup>de</sup>	79.00±4.00 <sup>a</sup>
Roast 135°C, 8min	1.00±0.15 <sup>d</sup>	5.00±0.15 <sup>b</sup>	3.8±0.06 <sup>c</sup>	40.56±2.07 <sup>ab</sup>	20.02±0.30 <sup>abc</sup>	79.98±2.64 <sup>a</sup>
Roast 140°C, 9min	1.00±0.04 <sup>d</sup>	4.65±0.07 <sup>c</sup>	3.8±0.03 <sup>c</sup>	40.56±0.89 <sup>9ab</sup>	22.00±0.70 <sup>e</sup>	78.00±1.19 <sup>a</sup>
Steam 105°C, 10min	3.00±0.21 <sup>c</sup>	4.00±0.04 <sup>d</sup>	4.3±0.07 <sup>a</sup>	39.90±1.25 <sup>ab</sup>	22.20±0.32 <sup>ab</sup>	77.80±1.35 <sup>a</sup>
Steam 105°C, 12min	3.00±0.02 <sup>c</sup>	4.50±0.09 <sup>c</sup>	4.4±0.06 <sup>a</sup>	39.90±0.80 <sup>ab</sup>	22.60±0.74 <sup>ab</sup>	77.40±2.19 <sup>a</sup>
Steam 105°C, 15min	3.50±0.03 <sup>b</sup>	3.50±0.03 <sup>e</sup>	4.4±0.03 <sup>a</sup>	39.38±0.62 <sup>b</sup>	22.60±0.52 <sup>ab</sup>	77.40±2.42 <sup>a</sup>
Steam 105°C, 18min	4.00±0.11 <sup>a</sup>	3.50±0.14 <sup>e</sup>	4.4±0.02 <sup>a</sup>	39.38±1.18 <sup>b</sup>	22.80±0.66 <sup>a</sup>	77.20±1.03 <sup>a</sup>
Raw	2.50±0.02	4.50±0.24	3.8±0.12	44.60±1.25	22.20±0.46	77.80±2.21

<sup>abcdef</sup>Values in the same column having different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ). The data presented in the table are mean of the triplicate determination  $\pm$  standard deviation

DMRT. Significance level was set at 5 %. The result revealed that at  $p<0.05$ , there was a significant difference in the mean values of moisture content, ash content, crude fiber, crude protein and ether extract.

The result of the statistical analysis showed that the moisture content of soybeans meal for all the processes yielded good results which could enhance long storage without growth of mould. The result showed that steam treatment had significant increasing effect on the moisture content of SBM which could be as a result of the introduction of steam from water. Moisture content which is an index of water activity is also used as a measure of stability (Alagbaoso *et al.* 2015) and susceptibility to microbial contamination (Rawat

para  $P<0.05$ , había diferencia significativa en los valores medios de contenido de humedad, contenido de ceniza, fibra cruda, proteína cruda y extracto de éter.

El resultado del análisis estadístico mostró que el contenido de humedad de la harina de soya para todos los procesos arrojó buenos resultados que podrían mejorar el almacenamiento prolongado sin crecimiento de moho. El tratamiento con vapor tuvo un efecto significativamente mayor sobre el contenido de humedad de HS que podría ser el resultado de la introducción de vapor de agua. El contenido de humedad que es un índice de la actividad del agua también se usa como medida de estabilidad (Alagbaoso *et al.* 2015) y la susceptibilidad a la contaminación microbiana (Rawat 2015), lo que indica

2015), indicating that all the heat treated samples can be kept for an extended period without spoilage as their moisture content were significantly low. The highest moisture content of 4 % was recorded for the steam process which is considered low and good enough for long shelf life. The lowest moisture content was recorded for the roasting process with 1 % moisture content which showed that very small amount of moisture was present.

Also, at  $p < 0.05$ , it was observed that all the processes gave good results for the ash content. The highest value of 5.5 % was obtained for autoclave process and the lowest of 3.5 % for the steam process. The value of 5.5 % for the autoclave process is considered non-hazardous for poultry feed. Ash content is an indicator of mineral content and mineral type in any sample (Enwereuzoh *et al.* 2015). The results showed that autoclaved samples had significantly higher ash content ( $p < 0.05$ ) indicating that it may have more mineral content than the other two heat treatment method although the treated samples all had fair ash content.

The crude fiber of the soybeans meal for all the processes showed consistency. The highest value of 4.4 % was obtained for the steam process and autoclave process and the lowest value of 3.8 % was obtained for the roasting process. Fibre has been shown to have some physiological effect in the gastrointestinal tract and low fibre in feed is undesirable as it may result in constipation (Zhang *et al.* 2013). The steam treatment result showed a significant increase in the crude fibre content of soybean meal ( $p \geq 0.05$ ). The crude fibre in the roasted samples was similar to that of the raw sample.

The crude protein analysis showed that all the processes were capable of giving the good yield required for poultry feed production. Raw beans (without application of heat) gave 44.60 % crude protein content. The roasting process at 120 °C for 5 min gave 40.58 % which could be as a result of low heat applied in the roaster. The lowest value of 39.38 % was obtained for the steam process operated at 105 °C for 18 minutes which is acceptable and considered normal for poultry feed production.

The ether extract analysis showed that more oil cells were broken in some processes than others and consequently more oil was released in such processes. The highest percentage oil extracted (22.8 %) was obtained from the steam process and this is because more oil cells were broken by this process. Surprisingly, a greater variation was noticed in the autoclave process and the lowest percentage oil extracted (18.6 %) was for the autoclave process.

In comparison to NOPA specifications (NOPA 2011) which recommends maximum moisture content of 12 %; minimum protein content of 44 % and 47.5-49%

que todas las muestras tratadas térmicamente pueden mantenerse durante un período prolongado sin deterioro, ya que su contenido de humedad fue significativamente bajo. El mayor contenido de humedad de 4 % se registró para el proceso de vapor que se considera bajo y lo suficientemente bueno para una larga vida útil. El contenido de humedad más bajo se registró para el proceso de tostado con un contenido de humedad del 1 % el cual mostró que había una cantidad muy pequeña de humedad.

Además, en  $P < 0.05$ , se observó que todos los procesos dieron buenos resultados para el contenido de cenizas. El valor más alto de 5.5 % se obtuvo para el proceso en autoclave y el más bajo de 3.5 % para el proceso de vapor. El valor de 5.5 % para el proceso en autoclave no se considera peligroso para la alimentación de pollos. El contenido de ceniza es un indicador del contenido mineral y el tipo de mineral en cualquier muestra (Enwereuzoh *et al.* 2015). Los resultados mostraron que las muestras tratadas en autoclave tenían un contenido de cenizas significativamente mayor ( $P < 0.05$ ), lo que indica que puede tener más contenido mineral que los otros dos métodos de tratamiento térmico, aunque todas las muestras tratadas tenían un contenido de cenizas razonable.

La fibra cruda de la harina de soya para todos los procesos mostró consistencia. El valor más alto de 4.4% se obtuvo para el proceso de vapor y el proceso en autoclave y el valor más bajo de 3.8 % se obtuvo para el proceso de tostado. Se ha demostrado que la fibra tiene algún efecto fisiológico en el tracto gastrointestinal y una alimentación baja en fibra no es conveniente, ya que puede causar estreñimiento (Zhang *et al.* 2013). El resultado del tratamiento con vapor mostró un aumento significativo en el contenido de fibra cruda de la harina de soya ( $P \geq 0.05$ ). La fibra cruda en las muestras tostadas fue similar a la de la muestra no tratada.

El análisis de proteína cruda mostró que todos los procesos fueron capaces de dar el buen rendimiento requerido para la producción de alimento para pollos. Los granos crudos (sin aplicación de calor) dieron 44.60 % de contenido de proteína cruda. El proceso de tostado a 120 °C durante 5 minutos dio 40.58 % que podría ser resultado del bajo calor aplicado en el tostador. El valor más bajo de 39.38 % se obtuvo para el proceso de vapor realizado a 105 °C durante 18 minutos, lo que es aceptable y se considera normal para la producción de alimentos para pollos.

El análisis de extracto etéreo mostró que se rompieron más células de aceite en algunos procesos que en otros y, en consecuencia, se liberó más aceite en tales procesos. El mayor porcentaje de aceite extraído (22,8%) se obtuvo del proceso de vapor y esto se debe a que se rompieron más células de aceite en este proceso. Sorprendentemente, se observó mayor variación en el proceso de autoclave y el porcentaje más bajo de aceite extraído (18.6 %) fue para el proceso de autoclave.

En comparación con las especificaciones de NOPA (NOPA 2011) que recomienda un contenido máximo

for solvent extracted and dehulled SBM, respectively; minimum fat content of 0.5 %; maximum crude fiber of 7 % and 3.3-3.5 % for solvent extracted SBM and dehulled SBM, respectively; and ash content of less than 7.5 %, the result of the proximate analysis for all SBM produced by processes described in this study can be considered good. The slight difference between the protein content of the SBM from this study and the NOPA recommendation may be as a result of the heat treatment given to the SBM during solvent extraction of the oil. The slight difference from the NOPA protein recommendation may be considered a necessary trade off to obtain SBM with adequately low trypsin inhibitor.

The statistical analysis results of the quality tests are presented in table 3. ANOVA test was run on the mean and DMRT was used to separate the means and significance level was set at  $p < 0.05$ . The result revealed that  $p < 0.05$ , there was significant different in the values of urease activity index, protein solubility in KOH, and protein dispersability index (PDI). The result showed that at  $p < 0.05$ , the urease activity index was at the highest level of 2.07 for beans processed by roasting at 120 °C for 5 minutes.

The lowest urease value of 0.11 was obtained for the beans processed by steam at 105 °C for 18 minutes. In comparison with the standard prescription of 0.01 – 0.35 pH unit rise (NOPA, 2011), it was observed that the steam process gave the best results followed by the autoclave process. The roasting process did not produce good results. The raw beans gave the highest value of urease activity index of 2.11 at  $p < 0.05$ .

The adequacy of processing is estimated by the protein solubility in KOH solution (Căpriță, *et al.* 2010). SBM with KOH solubilities between 70 and 85 % are considered adequately heat processed (van Eys *et al.* 2004). The KOH protein solubility test when evaluated statistically at  $p < 0.05$  using one way Anova

de humedad de 12%; contenido mínimo de proteína de 44% y 47,5-49% para la HS extraída y descascarada con solvente, respectivamente; contenido mínimo de grasa de 0.5 %; fibra bruta máxima de 7 % y 3.3-3.5 % para HS extraída con solvente y HS descascarada, respectivamente; y el contenido de ceniza de menos de 7.5 %, el resultado del análisis proximal de toda la HS producida por los procesos descritos en este estudio puede considerarse bueno. La mínima diferencia entre el contenido de proteína de la HS de este estudio y la recomendación de NOPA puede ser el resultado del tratamiento térmico dado a la HS durante la extracción del aceite con solvente. La mínima diferencia con la recomendación de la proteína NOPA puede considerarse una compensación necesaria para obtener HS con un inhibidor de la tripsina suficientemente bajo.

Los resultados del análisis estadístico de las pruebas de calidad se presentan en la tabla 3. ANOVA se realizó con la media y la DMRT se utilizó para separar los promedios y el nivel de significación se estableció en  $P < 0.05$ . El resultado reveló que en  $P < 0.05$ , hubo diferencias significativas en los valores del índice de actividad de la ureasa, la solubilidad de la proteína en KOH y el índice de dispersabilidad de la proteína (IDP). El resultado mostró que para  $P < 0,05$ , el índice de actividad de ureasa estaba en el nivel más alto de 2.07 para los granos procesados por el tostado a 120 °C durante 5 minutos.

El valor más bajo de ureasa de 0.11 se obtuvo para los granos procesados por vapor a 105 °C durante 18 minutos. En comparación con la prescripción estándar de 0,01 – 0,35 pH aumento de la unidad (NOPA, 2011), se observó que el proceso de vapor dio los mejores resultados, seguido por el proceso en autoclave. El proceso de tostado no produjo buenos resultados. Los granos sin tratar dieron el valor más alto del índice de actividad de ureasa de 2.11 para  $P < 0.05$ .

La idoneidad del procesamiento se estima mediante la

Table 3. Quality test

Sample	Urease index	% KOH protein solubility	% PDI
Autoclave 121 °C ,15 psi, 20 min	0.40±0.05 <sup>d</sup>	68.0±1.93 <sup>d</sup>	19.6±0.20 <sup>ab</sup>
Autoclave 121 °C ,15 psi, 30 min	0.41±0.06 <sup>d</sup>	69.5±1.10 <sup>bcd</sup>	19.8±1.70 <sup>ab</sup>
Autoclave 121 °C ,15 psi, 40 min	0.38±0.02 <sup>d</sup>	72.8±1.90 <sup>ab</sup>	20.1±0.96 <sup>a</sup>
Autoclave 121 °C ,15 psi, 50 min	0.36±0.03 <sup>d</sup>	73.1±2.30 <sup>a</sup>	18.3±1.10 <sup>b</sup>
Roast 120 °C, 5min	2.07±0.05 <sup>a</sup>	45.2±1.50 <sup>f</sup>	10.2±0.07 <sup>d</sup>
Roast 130 °C, 7min	2.03±0.10 <sup>a</sup>	48.2±0.68 <sup>ef</sup>	10.8±0.14 <sup>d</sup>
Roast 135 °C, 8min	1.99±0.07 <sup>a</sup>	50.1±1.54 <sup>e</sup>	12.6±0.50 <sup>c</sup>
Roast 140 °C, 9min	1.89±0.04 <sup>b</sup>	50.0±2.62 <sup>e</sup>	13.6±0.30 <sup>c</sup>
Steam 105 °C, 10min	1.52±0.05 <sup>c</sup>	68.5±2.20 <sup>d</sup>	18.2±0.30 <sup>b</sup>
Steam 105 °C, 12min	0.32±0.02 <sup>c</sup>	69.1±0.90 <sup>cd</sup>	18.3±0.86 <sup>b</sup>
Steam 105 °C, 15min	0.32±0.01 <sup>d</sup>	70.0±2.60 <sup>abcd</sup>	21.3±1.40 <sup>a</sup>
Steam 105 °C, 18min	0.11±0.02 <sup>e</sup>	72.1±1.20 <sup>abc</sup>	21.3±1.47 <sup>a</sup>
Raw	2.11±0.21	49.1±1.82	10.2±0.16

<sup>abcdef</sup>Values in the same column having different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ). The data presented in the table are mean of the triplicate determination ± standard deviation.

showed that the autoclave processed soya beans meal at 40 minutes and 50 minutes processing time had adequate heat treatment with solubilities of 72.8 % and 73.1 %, respectively. The results obtained for the roasting process showed under processing which could be as a result of inefficient and insufficient heating from the roaster. The steam process for 15 minutes and 18 minutes gave high protein solubility of 70.0 % and 72.1 %, respectively. The raw beans gave a solubility of 49.1 %.

The protein dispersability index (PDI) test predicts the quality of soybean meal more accurately (Dozier and Hess, 2011). The results were generally encouraging with the exception of the roasting process which showed complete deviation from PDI values between 15 and 30 % recommendation for soybean meals (van Eys *et al.* 2004). The beans processed by steam at 105 °C for 18 minutes showed the best result.

The general increase in protein solubility and protein dispersability index with processing time and the inverse relationship between urease activity and processing time agree with those presented by Navicha *et al.* (2017). In all cases, process temperatures and duration had effect on nutritional quality of soybean meal. From the results presented in tables 1 – 3, SBM produced by roasting had the highest crude protein composition, however, the quality of this protein was the lowest using the urease index, protein KOH solubility and protein dispersability index as a bench mark, and the trypsin inhibitor activity was also the highest. Although SBM produced from the autoclaving process had higher crude protein content with higher KOH solubility, a major demerit of the autoclave processed SBM with respect to steam processed SBM, is the higher trypsin inhibitor activity of autoclave processed SBM. The inhibitor activity of steam processed SBM is the lowest, the SBM have crude protein within the range considered normal for poultry birds and the protein KOH solubility falls within the recommended standard. With other parameters falling within the recommended range, the steam processed SBM can be considered as the best.

### Conclusion

The steaming process was found to be the best of the three heat treatment processes considered. The steam treated soybean meal gave low trypsin inhibitor of 1.20 mg/g and good urease level of 0.11. This shows an adequacy of the steaming process that destroyed the trypsin inhibitor without compromising the nutrients standard to produce quality SBM for poultry feed. Also the parameters from the proximate analysis showed that the steaming process had the best overall performance.

solubilidad de la proteína en la solución de KOH (Căpriță *et al.* 2010). Las HS con solubilidades de KOH entre 70 y 85 % se consideran adecuadamente procesadas térmicamente (van Eys *et al.* 2004). La prueba de solubilidad de la proteína en KOH cuando se evaluó estadísticamente para  $P < 0.05$  usando Anova mostró que la harina de soya procesada en autoclave a los 40 minutos y 50 minutos de procesamiento tuvo un tratamiento térmico adecuado con solubilidades de 72.8 % y 73.1 %, respectivamente. Los resultados obtenidos para el proceso de tostado mostraron bajo procesamiento que podría ser el resultado de un calentamiento ineficiente e insuficiente del tostador. El proceso de vapor durante 15 y 18 minutos proporcionó alta solubilidad de la proteína en 70.0 % y 72.1 %, respectivamente. Los granos sin tratar dieron una solubilidad del 49.1 %.

La prueba del índice de dispersabilidad de proteínas (IDP) predice la calidad de la harina de soya con mayor precisión (Dozier y Hess, 2011). Los resultados fueron en general alentadores, con la excepción del proceso de tostado, que mostró una desviación completa de los valores de IDP entre el 15 y el 30 % de recomendaciones para la harina de soya (van Eys *et al.* 2004). Los granos procesados por vapor a 105 °C durante 18 minutos mostraron el mejor resultado.

El aumento general en la solubilidad de la proteína y el índice de dispersabilidad de la proteína con el tiempo de procesamiento y la relación inversa entre la actividad de la ureasa y el tiempo de procesamiento concuerdan con los presentados por Navicha *et al.* (2017). En todos los casos, las temperaturas y la duración del proceso tuvieron un efecto en la calidad nutricional de la harina de soya. De los resultados presentados en las tablas 1 - 3, la HS producida por tostado tuvo la composición de proteína cruda más alta, sin embargo, la calidad de esta proteína fue la más baja usando el índice de ureasa, la solubilidad de proteína en KOH y el índice de dispersabilidad de proteína como punto de referencia, y la actividad inhibidora de tripsina también fue la más alta. Aunque la HS producida a partir del proceso en autoclave tenía mayor contenido de proteína bruta con mayor solubilidad en KOH, una desventaja importante de la HS procesada en autoclave con respecto a la HS procesada con vapor, es la mayor actividad inhibidora de tripsina de la HS procesada en autoclave. La actividad inhibidora de la HS procesada al vapor es la más baja, la HS tiene una proteína bruta dentro del rango considerado normal para las aves de corral y la solubilidad de la proteína en KOH se encuentra dentro del estándar recomendado. Con otros parámetros dentro del rango recomendado, La HS procesada a vapor puede considerarse como la mejor.

### Conclusiones

Se determinó que el proceso de tratamiento con vapor fue el mejor de los tres procesos de tratamiento térmico considerados. La harina de soya tratada con vapor dio un inhibidor de tripsina bajo de 1.20 mg/g y un nivel de ureasa de 0.11. Esto muestra una adecuación del proceso de tratamiento con vapor que destruyó el inhibidor de la

### Recommendation

The application of the results from this study is that steam process should replace the current roasting process used in producing SBM for poultry feed in Nigeria. The oil extraction from SBM by screw press or hydraulic press should be retained for commercial production of SBM. This will remove the effect of heat treatment on SBM during solvent extraction. The cost implications for this change will not be excessive. The benefits of the change on the health of the birds far outweigh the cost implications.

tripsina sin comprometer el estándar de nutrientes para producir HS de calidad para la alimentación de pollos. Además, los INDICADORES del análisis proximal mostraron que el proceso de tratamiento con vapor tuvo el mejor rendimiento.

### Recomendaciones

La aplicación de los resultados de este estudio demostró que el proceso de vapor debe reemplazar el actual proceso de tostado utilizado en la producción de HS para la alimentación de pollos en Nigeria. La extracción de aceite de HS mediante prensa de tornillo o prensa hidráulica debe conservarse para la producción comercial de HS. Esto eliminará el efecto del tratamiento térmico de la HS durante la extracción con disolvente. Las implicaciones de costo para este cambio no serán excesivas. Los beneficios del cambio en la salud de las aves superan con creces las implicaciones de costos.

### References

- Alagbaoso, S.O., Nwosu, J.N., Njoku, N.E., Umelo, M. C., Eluchie, C. & Agunwa, I.M. 2015. Effect of processing on the nutritional and anti-nutritional properties of *Canavalia plagioperma* piper seeds. *European Journal of Food Science and Technology*, 3(3): 45 – 69.
- AOAC. 2010. Official Methods of Analysis of AOAC international. 18th Edition, Revision 3, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- AOCS. 1998. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. American oil Chemists Society, Champaign, Illinois.
- Araba M. and N.M. Dale. 1990. Evaluation of protein solubility as an indicator of over-processing of Soybean Meal. *Journal of Poultry Science*, 69: 76-83.
- ASA. 2005. Soy Importers Guide. American Soybean Association International Marketing Southeast Asia, Singapore.
- Bajaj, J.K., Salwan, P. & Salwan, S. 2016. Various possible toxicants involved in thyroid dysfunction: a review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 10 (1): FE01 – FE03.
- Beuković D., Beuković M., Ljubojević D., Stanačev V., Bjedov S. & Ivković, M. 2012. Effect soybean heat treatment on broiler slaughter traits. Third International Scientific Symposium "Agrosym Jahorina 2012", 541-547.
- Căpriță, R., Căpriță, A. and I. Crețescu. 2010. Protein solubility as quality index for processed soybean. *Animal Science and Biotechnologies*, 43: 375-378.
- Chaturvedi S., Hemamalini R. & Khare, S.K. 2012. Effect of processing conditions on saponin content and antioxidant activity of Indian varieties of soybean (*Glycine max* Linn.). *Annals of Phytomedicine*. 1(1): 62-68.
- Dei, H. K. 2011. Soybean as a feed ingredient for livestock and poultry. In: Krezhova, D. (ed.), *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*. InTech Publishing, Rijeka, Croatia, 215-227.
- Dourado L.R.B., Pascoal L.A.F., Sakomura N.K., Costa F.G.P. & Biagiotti, D. 2011. Soybeans (*Glycine max*) and soybean products in poultry and swine nutrition. In: Krezhova D. (ed.): *Recent Trends for Enhancing the Diversity and Quality of Soybean Products*. InTech Publishing, Rijeka, Croatia, 175–190.
- Dozier, W.A. & Hess, J.B. 2011. Soybean meal quality and analytical techniques. In: E.S. Hany (ed.), *Soybean and Nutrition*. InTech Publishing, Rijeka, Croatia, 111-124.
- Enwereuzoh, R.O., Okafor, D.C., Uzoukwu, A.E., Ukanwoke, M.O., Nwakaudu, A.A & Uyanwa, C.N. 2015. Flavour extraction from *Monodora myristica* and *Tetrapleura tetraptera* and production of flavoured popcorn from the extract. *European Journal of Food Science and Technology*, 3(2):1.17
- Foley, J.J., Rosentrater, K.A., Lamsal, B.P. & Poovaiah, N. 2013. Processing approaches to improve functionality and value of soybean products. *Agricultural and Biosystems Engineering Conference Proceedings and Presentations*, 1 – 29.
- Gemedé H. F. & Ratta, N. 2014. Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 3(4): 284-289. doi: 10.11648/j.ijnfs.20140304.18
- Gilbert, R.J., Louvois, J., Donovan, T., Little, C., Nye K. & Ribeiro, C.D. 2000. Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat food samples at the point of sale. *Communicable Disease and Public Health*, 3: 163–167.
- Gill, C. 2003. World Feed Panorama: Back to basics of growth. *Feed International*, pp. 6.
- Goebel, K.P. & Stein. H.H. 2011. Ileal digestibility of amino acids in conventional and low-kunitz soybean products fed to weanling pigs. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 24:88-95.
- Hanssen, O.K. 2003. "Soya is no soya": (soya proteins for feed products). *Feed International* 23 (9):14-18.
- Herrman, T. 2001. Sampling: Procedures for feed. Kansas State University, Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 1– 8.

- Iwamoto, H.I. & Abiko, S. 1970. Chemical analysis of anti-nutritional factor (ANF). *Journal of Chemical Sci.* 80, 1529-1537.
- Khan, M., Javed, M.M., Zahoor, S. & Ikram, U. 2013. Kinetic and thermodynamic study of urease extraction from soybeans. *Biologia (Pakistan)*, GC University, Lahore, Pakistan. 59 (1), 7-14.
- Loeffler, T., Shim, M.Y., Beckstead, R.B., Batal, A.B. & Pesti, G.M. 2013. Amino acid digestibility and metabolizable energy of genetically selected soybean products, *Poult. Sci.*, 92:1790—1798.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. & Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 265–275.
- Moses, D.R. 2014. Performance evaluation of continuous screw press for extraction soybean oil *American Journal of Science and Technology*, 1(5): 238-242.
- Mubichi, F.M. 2017. A comparative study between Mozambique and Malawi soybean adoption among smallholder farmers. *Journal of Rural Social Sciences*, 32(1): 21–39.
- Navicha, W. B., Hua, Y., Masamba, K. & Zhang, C. 2017. Effect of Roasting Temperatures and Times on Test Parameters Used in Determination of Adequacy of Soybean Processing. *Advance Journal of Food Science and Technology* 13(1): 22-28.
- NOPA, 2011. National Oil Producers Association. Soybean Meal Trading Rules-Updated November, 2010. World Wide Web: <http://www.nopa.org/content/trading/trading.html>.
- Omizu, Y., Tsukamoto, C., Chettri, R. & Tamang, J.P. 2011. Determination of saponin contents in raw soybean and fermented soybean foods of India. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 70 (7): 533–538.
- Rada, V., Lichovnikova, M. & 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, doi: 10.1080/09712119.2015.1124337.
- Rawat, S. 2015. Food Spoilage: Microorganisms and their prevention. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(4):47-56
- Real-Guerra, R., Stanisquaski, F. and C.R. Carlini. 2013. Soybean urease: over a hundred years of knowledge. In: *A Comprehensive Survey of International Soybean Research*. InTech Publishing, Rijeka, Croatia, 317–339.
- Rocha, C., Durau, J.F., Barrilli, L.N.E., Dahlke, F. Maiorka, P. & Maiorka, A. 2014. The effect of raw and roasted soybeans on intestinal health, diet digestibility and pancreas weight of broilers. *J. Appl. Poult.* 23:71–79.
- Udeogu, E. & Awuchi, C.G. 2016. Effect of some processing methods on hemagglutinin activity of lectin extracts from selected grains (cereals and legumes). *International Journal of Advanced Academic Research Sciences, Technology & Engineering* ISSN: 2488-9849, 2 (12), 24 – 59.
- USDA. 2011. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service Publication
- van Eys, J.E., Offner A. & Bach, A. 2004. Manual of quality analyses for soybean products in the feed industry. American Soybean Association, USA.
- Zhang, W., Li, D., Liu L., Zang J., Duan Q., Yang W. & Zhang, L. 2013. The effects of dietary fiber level on nutrient digestibility in growing pigs. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4:17.

**Received: November 23, 2017**