



## Efecto del NaCl en la textura y perfil sensorial de un queso de soya (*tofu*)

Effect of NaCl on the textural and sensory profile of a soybean curd (*tofu*)

Jesús Peramaz-Matos; Brayan Gutiérrez-Aguirre; Verónica Jacobo-Domínguez; Jackeline León-Vargas; Ricardo Vejarano\*

Ingeniería Agroindustrial. Universidad Privada del Norte (UPN). Av. Del Ejército 920, Trujillo, Perú.

### RESUMEN

El alto contenido de proteínas de la soya puede ser aprovechado para la elaboración de derivados como el queso de soya, comúnmente conocido como *tofu*. No obstante, el típico sabor herbáceo muchas veces perceptible puede limitar su aceptabilidad, razón por la cual el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de cloruro de sodio o “sal común” (NaCl) sobre la textura y perfil sensorial de un queso de soya o *tofu*. Como materia prima se utilizó leche de soya con un 12% de sólidos totales, optimizando en primer lugar la dosis de CaCl<sub>2</sub> como agente coagulante, y preparando posteriormente quesos con adición de NaCl al 0,5 %. Estos quesos fueron evaluados instrumentalmente mediante texturimetría y sensorialmente por un panel de jueces. Como resultados se obtuvo que la adición de NaCl no mejoró ni la textura ni el perfil sensorial del *tofu*, al obtener quesos menos firmes y más frágiles, comparados con los elaborados sin adición de NaCl.

**Palabras clave:** soya; *tofu*; queso de soya; textura.

### ABSTRACT

The high-protein content of soybeans can be exploited for the preparation of derivatives such as *tofu*. However, the herbaceous taste of soy can limit consumption of *tofu*, so the aim of this research was to evaluate the effect of the addition of sodium chloride or “table salt” (NaCl) on the texture and sensory properties of *tofu*. Cheeses from soybean milk (12% total solids) were prepared. Firstly, the concentration of CaCl<sub>2</sub> as coagulating agent was optimized, and subsequently cheeses with added NaCl (0.5 %) were prepared. These cheeses were evaluated by texture profile (mechanical properties) and sensory analysis. The addition of NaCl didn't improve both the textural properties and sensory profile of *tofu*, conversely, the cheeses were less firm and more fragile than those made without added NaCl.

**Keywords:** soybean; *tofu*; soybean cheese; soybean curd; texture.

### 1. Introducción

Debido a la creciente incidencia de enfermedades en la población mundial, el interés por los alimentos que puedan contribuir a mejorar el estado de salud de las personas es cada vez mayor. La evidencia existente sugiere que los hábitos alimenticios actuales, donde cada vez es mayor la presencia de la llamada “comida rápida”, son el principal factor de riesgo para el desarrollo de patologías crónicas relacionadas con las enfermedades cardiovasculares (ECV), las cuales podrían disminuirse con el consumo de alimentos de origen vegetal (Sacks *et al.*, 2006), como alternativa a las tradicionales fuentes de determinados nutrientes, específicamente proteínas, que principalmente son

obtenidas de las carnes, las cuales además aportan grasas saturadas y colesterol, cuyo consumo excesivo puede ser dañino para la salud (Pan *et al.*, 2012).

Una interesante alternativa como fuente de proteína es la soya (*Glycine max*), la cual cuantitativamente presenta un alto contenido de proteína en comparación con otros alimentos producidos en el Perú como el tarwi, el haba o la quinua (Tabla 1). Además, la soya contiene isoflavonas, las cuales han ganado una considerable atención por su posible carácter preventivo de ECV debido a que su presencia en la dieta se ha relacionado con la disminución de los niveles de colesterol sanguíneo (Anthony *et al.*, 1996; Wong, 1998).

En Europa y América, la soja básicamente se utiliza como fuente de aceite para consumo humano y de proteína para alimentación animal (Zhang et al., 2016), mientras que en los países asiáticos se consume principalmente en forma de alimentos tradicionales como leche de soja, queso de soja (*tofu*), salsa de soja, miso, entre otros (Schuldt et al., 2014).

**Tabla 1**

Contenido de macronutrientes en 100 g de porción comestible de algunos vegetales producidos en Perú (Adaptado de INS, 2009)

		Quinua blanca	Frijol soya	Frijol tarwi*	Haba seca
Energía	(kcal)	343	401	277	340
Agua	(g)	11.8	11.7	46.3	11.5
Proteína	(g)	12.2	28.2	17.3	23.8
Grasa	(g)	6.2	18.9	17.5	1.5
Carbohidratos	(g)	67.2	35.7	17.3	60.1
Fibra cruda	(g)	5.7	4.6	3.8	6.4

\* Frijol tarwi seco.

\*\* Carbohidratos totales.

El *tofu*, cuya elaboración data desde el año 164 A.C. en China (Shurtleff y Aoyagi, 2013), es uno de los alimentos de mayor consumo debido a su alto valor nutritivo (Jayasena et al., 2010), principalmente como fuente de proteínas. No obstante, factores como la textura y su sabor herbáceo pueden limitar su consumo, razón por la cual se han llevado a cabo diversos estudios con el fin de mejorar sus propiedades, como por ejemplo la aplicación de calor para mejorar la textura (Yoon y Kim, 2007) y la optimización de las concentraciones del agente coagulante utilizado para precipitar sus proteínas (Leiva et al., 2011; Prabhakaran et al., 2006). Así mismo, se puede mejorar la palatabilidad y tiempo de vida del *tofu* mediante la incorporación de especias (Shin et al., 2010) o aditivos como el cloruro de sodio (Schuldt et al., 2014).

En tal sentido, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la adición de cloruro de sodio (NaCl) sobre la textura y las características organolépticas de queso de soja (*tofu*), como alimento alternativo a las tradicionales fuentes de proteína de origen animal.

## 2. Material y métodos

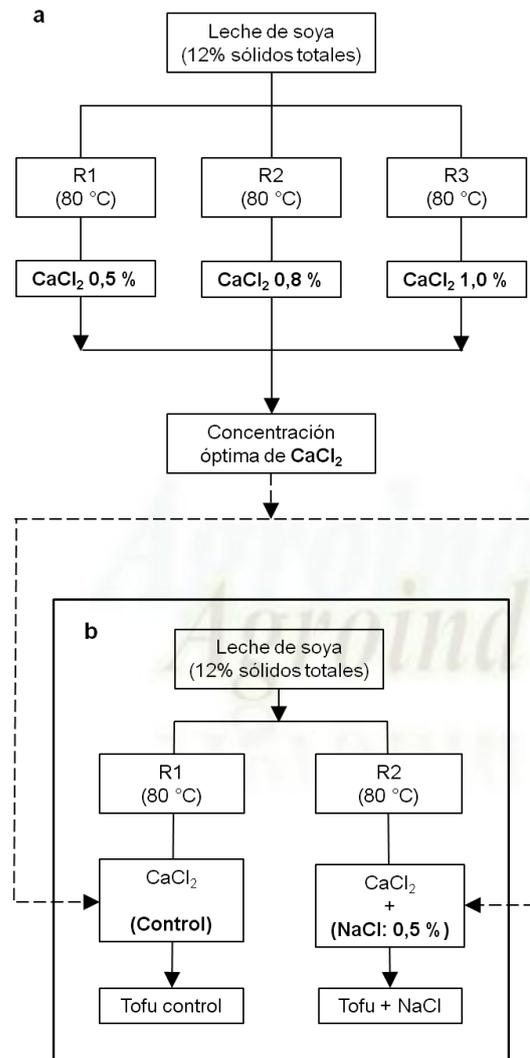
### Obtención de la leche de soja

Se dejaron remojar los frijoles de soja en agua por un periodo de 48 horas, con dos cambios de agua. Tras el remojo, se procedió a triturar los granos de soja mediante molienda húmeda con agua en una proporción agua:soya de 3:1 (volumen:masa).

Posteriormente, el líquido obtenido fue filtrado para eliminar las partes sólidas, ajustando por balance de masas el contenido de sólidos totales hasta un 12% mediante la adición de agua.

### Elaboración del *tofu*

El *tofu* se elaboró en dos etapas (Figura 1) con el fin de optimizar la concentración de  $\text{CaCl}_2$  y obtener las mejores características organolépticas y textura.



**Figura 1.** Elaboración del *tofu*. a) optimización de la concentración de  $\text{CaCl}_2$ . b) elaboración del *tofu* con la dosis óptima de  $\text{CaCl}_2$  y adición de 0,5% de NaCl.

### Concentración óptima de $\text{CaCl}_2$

Obtenida la leche de soja, una parte se almacenó en refrigeración para su posterior uso y el restante se dividió en tres volúmenes iguales, colocándolos en recipientes de acero inoxidable (R). En base a lo reportado por Gómez (2007), las tres fracciones fueron calentadas hasta 80 °C, añadiendo a cada recipiente una solución de  $\text{CaCl}_2$  1M para alcanzar concentraciones de 0,5; 0,8 y 1,0 %. Se dejó

reposar por 15 minutos hasta observar la formación del coágulo respectivo. Una vez coagulada la proteína se procedió a filtrar para obtener el *tofu*, dándole forma mediante un molde y dejando en frío por 48 horas, tras lo cual se hizo una primera prueba sensorial a fin de verificar la ausencia de sabor a  $\text{CaCl}_2$  (amargo), como se muestra en la [Figura 1a](#).

#### Adición de NaCl

La leche de soya almacenada se dividió en dos volúmenes iguales y se elaboró el queso de soya calentando a  $80\text{ }^\circ\text{C}$  y añadiendo  $\text{CaCl}_2$  1M a la concentración óptima (sin sabor amargo) obtenida en la prueba anterior. Además, a uno de los recipientes se añadió NaCl hasta alcanzar una concentración de 0,5%, como se muestra en la [Figura 1b](#), con el fin de evaluar el efecto de esta sal sobre las propiedades del *tofu*. Procediendo posteriormente al filtrado, moldeado y refrigeración por 48 horas antes de realizar las pruebas de textura y evaluación sensorial.

#### Perfil de textura

Se midió la firmeza (N) y la fragilidad (mm) de los quesos mediante un ensayo de penetración utilizando un texturómetro Stable Micro System, modelo TA.HDplus (Reino Unido), para lo cual las muestras se cortaron en forma de rectángulos de 50 mm x 50 mm. Se aplicó una carga mediante una sonda cilíndrica de punta esférica de 34 mm de diámetro, desplazándola verticalmente a una velocidad constante de  $1,0\text{ mm s}^{-1}$ .

#### Evaluación sensorial

La evaluación sensorial fue realizada por 12 panelistas a quienes previamente se le explicó la metodología y terminología aplicada a fin de uniformizar los criterios de evaluación, calificando cada uno de los parámetros en una escala de 1 (no perceptible) a 5 (muy perceptible). Las muestras fueron cortadas en porciones como las mostradas en la [Figura 2](#) y colocadas en platos individuales (uno para el control y otro para el *tofu* con NaCl).

Se consideraron los siguientes parámetros en base a lo propuesto por [Sancho et al. \(1999\)](#):

- Uniformidad visual (presencia de grietas o rajaduras, aglomerados, ojos).
- Firmeza al tacto (resistencia de la muestra a la compresión y deformación con el dedo).
- Friabilidad (capacidad de generar numerosos trozos al masticar).

Además, se evaluó la percepción del sabor a NaCl (salado) de las muestras.



**Figura 2.** Muestras de *tofu* con y sin adición de NaCl (0,5 %).

#### Análisis estadístico

Se calcularon las medias y desviaciones estándar de los datos de textura y de análisis sensorial. Se realizó un Análisis de Varianza para identificar diferencias significativas entre tratamientos y la prueba de comparación múltiple DSH de Tukey (5 % de significancia), utilizando el software Statistica 7 (StatSoft Inc., 2004).

### 3. Resultados y discusión

#### Concentración óptima de $\text{CaCl}_2$

En la [Tabla 2](#) se muestran los resultados de la prueba realizada con el fin de determinar la ausencia del sabor amargo característico del  $\text{CaCl}_2$  utilizado como agente coagulante.

**Tabla 2**

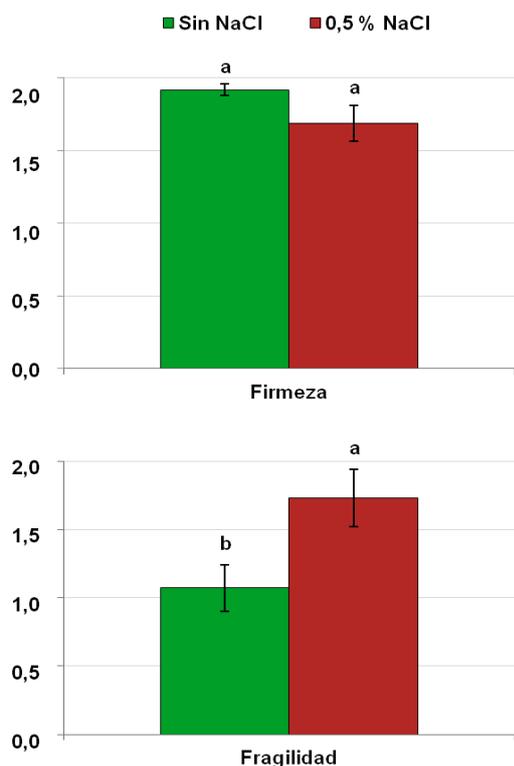
Dosis óptima de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) utilizado como agente coagulante

$\text{CaCl}_2$	0,5 %	0,8 %	1,0 %
Sabor amargo	No perceptible	Bastante perceptible	Bastante perceptible

Se puede observar que el porcentaje idóneo de  $\text{CaCl}_2$  para la elaboración de *tofu* es de 0,5 % debido a la ausencia del sabor amargo característico de esta sal. También se utilizaron dosis mayores (0,8 y 1,0 %) con el fin de evaluar el efecto de una mayor concentración de  $\text{CaCl}_2$  en la firmeza del queso, debido a las interacciones iónicas con las proteínas de la leche ([Cervantes et al., 1983](#)), las cuales son mayores en presencia de  $\text{Ca}^{2+}$ ; no obstante, al percibir un sabor amargo a estas dosis, se eligió la dosis de 0,5 %, previamente también utilizada por [Leiva et al. \(2011\)](#) para mejorar firmeza en el *tofu*.

### Efecto de la adición del NaCl sobre la textura del *tofu*

La **Figura 3** muestra los resultados obtenidos para las propiedades mecánicas del *tofu* medidos mediante texturimetría. La firmeza aparentemente disminuye en presencia de NaCl, no obstante, al realizar la validación estadística (DSH Tukey,  $\alpha = 0,05$ ), no se encontraron diferencias significativas entre el control (sin NaCl) y el *tofu* con NaCl.



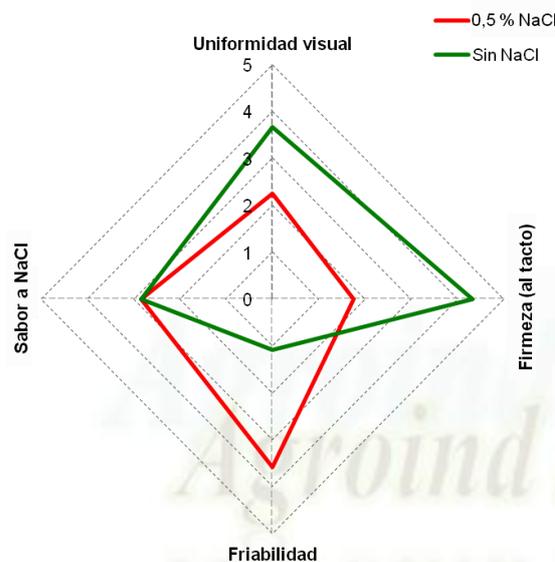
**Figura 3.** Parámetros de textura: Firmeza (N) y fragilidad (mm). Promedio  $\pm$  desviación estándar. Diferentes letras indican diferencias significativas (DSH de Tukey).

También se observa que la adición de NaCl incrementa la fragilidad, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas con el control (DSH Tukey,  $\alpha = 0,05$ ). La fragilidad mecánica está relacionada con la friabilidad del queso al masticarlo (Sancho et al., 1999), con lo cual de acuerdo a nuestros resultados, la adición de NaCl altera la formación de la cuajada del queso de soya, al contrarrestar la acción aglomerante del  $\text{CaCl}_2$  y por tanto afectando su firmeza y cohesividad.

### Efecto de la adición del NaCl sobre el perfil sensorial

La **Figura 4** muestra los resultados de la evaluación sensorial por el panel de 12 jueces, en el cual se observan diferencias entre ambas muestras.

Se observa una menor uniformidad visual en el *tofu* con NaCl (0,5 %), lo cual puede deberse a que la presencia de esta sal afecta la formación de la matriz proteica del *tofu*, al contrarrestar el efecto del  $\text{CaCl}_2$ , debido a que promueve la solubilidad de las proteínas de la soya (Schuldt et al., 2014; Yuan et al., 2002), con lo cual serían necesarias mayores concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  para formar un queso firme. Al respecto, Leiva et al. (2011) obtuvieron una mayor cohesividad del *tofu* al incrementar la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$ . No obstante, mayores dosis de  $\text{CaCl}_2$  tienen la desventaja de obtener un queso con un perceptible sabor amargo, de acuerdo a lo obtenido en la **Tabla 2**.



	Uniformidad visual	Firmeza (al tacto)	Friabilidad	Sabor a NaCl
Sin NaCl	3,67 $\pm$ 0,62 <sup>a</sup>	4,33 $\pm$ 0,75 <sup>a</sup>	1,08 $\pm$ 0,28 <sup>b</sup>	2,83 $\pm$ 0,80 <sup>a</sup>
0,5 % NaCl	2,25 $\pm$ 1,09 <sup>a</sup>	1,75 $\pm$ 0,72 <sup>b</sup>	3,58 $\pm$ 1,04 <sup>a</sup>	2,83 $\pm$ 1,21 <sup>a</sup>

Promedio  $\pm$  desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (DSH de Tukey).

**Figura 4.** Resultados del análisis sensorial de los quesos de soya sin sal (control, línea verde) y con 0,5 % de NaCl (línea roja). Datos de la tabla: promedio de valores asignados por los 12 panelistas (escala de 1 a 5).

Otros parámetros evaluados fueron la firmeza al tacto y la friabilidad (desmoronamiento al masticar). Ambos parámetros con claras desventajas en el caso de la adición de NaCl, lo cual concuerda con el resultado de fragilidad obtenido en las pruebas instrumentales de texturimetría (**Figura 3**).

Por otro lado, los resultados de firmeza al tacto y de friabilidad tienen concordancia con los resultados de uniformidad visual (**Figura 4**), debido a que la presencia del NaCl afecta la acción aglomerante del  $\text{CaCl}_2$  (Schuldt et al., 2014; Yuan et al., 2002). Al

respecto, Leiva et al. (2011) mediante análisis sensorial obtuvieron una mayor firmeza al incrementar la dosis de  $\text{CaCl}_2$ , con lo cual se podría contrarrestar el efecto antagónico del  $\text{NaCl}$ . No obstante, como se vio anteriormente (Tabla 2), mayores dosis de  $\text{CaCl}_2$  originan un perceptible sabor amargo en el *tofu*.

En cuanto al sabor a  $\text{NaCl}$  (salado), los panelistas no encontraron diferencias entre el control (sin  $\text{NaCl}$ ) y el *tofu* elaborado con  $\text{NaCl}$  (0,5 %). En el caso del *tofu* con  $\text{NaCl}$  este efecto podría deberse a las interacciones entre los iones de  $\text{Na}^+$  con las proteínas de la soya, con lo cual sería menor el número de iones  $\text{Na}^+$  libres y por tanto menor la percepción del sabor salado (Habara y Toko, 2000).

#### 4. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que la presencia de  $\text{NaCl}$  afecta negativamente la formación del cuajo del queso de soya (*tofu*), debido a que los iones de  $\text{Na}^+$  contrarrestan el efecto aglomerante de los iones de  $\text{Ca}^{2+}$ , con lo cual se obtiene un *tofu* menos firme y más frágil. Para evitar este efecto, sería necesaria la utilización de mayores concentraciones de  $\text{CaCl}_2$ , lo cual no obstante traería como desventaja la percepción de un sabor amargo en el *tofu*. De modo que, en este caso, no sería recomendable la utilización del  $\text{NaCl}$  para mejorar de las características organolépticas del *tofu*. Sería necesario estudiar la utilización de otros agentes coagulantes como los ácidos cítrico, acético, gluconolactona, etc., así como la utilización de otros aditivos que permitan mejorar el perfil sensorial del *tofu*, sobre todo para enmascarar el gusto herbáceo típico de la soya, como por ejemplo aceites esenciales de algunas especias.

#### Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Laboratorio de Ingeniería de Procesos Agroindustriales de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), donde se hicieron los análisis de textura de las muestras.

#### Referencias bibliográficas

Anthony, M. S.; Clarkson, T.B.; Hughes, C.L. Jr.; Morgan, T.M.; Burke, G.L. 1996. Soybean isoflavones improve cardiovascular risk factors without affecting the reproductive system of periparturient rhesus monkeys. *Journal of Nutrition* 126(1): 43-50.

- Cervantes, M.A.; Lund, D.B.; Olson, N.F. 1983. Effects of salt concentration and freezing on Mozzarella cheese texture. *Journal of Dairy Science* 66: 204-213.
- Gómez, M.A. 2007. Determinación de las concentraciones de antimicrobianos en cuajada de soya (*tofu*), para la prolongación de la vida de anaquel bajo condiciones de refrigeración. Tesis para optar el Título de Licenciada en Ingeniería de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México.
- Habara, M.; Toko, K. 2000. Discrimination of saltiness with coexisting components using multichannel taste sensor with lipid membranes. *IEICE Transactions on Electronics* 83(7): 1040-1045.
- INS. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Instituto Nacional de Salud (INS). Ministerio de Salud. Lima, Perú. 70 pp.
- Jayasena, V.; Khu, W.S.; Nasar-Abbas, S.M. 2010. The development and sensory acceptability of lupin-based *tofu*. *Journal of Food Quality* 33(1): 85-97.
- Leiva, J.; Rodríguez, V.; Muñoz, E. 2011. Influence of calcium chloride concentration on the physicochemical and sensory characteristics of *tofu*. *Ciencia e Investigación Agraria* 38(3): 435-440.
- Pan, A.; Sun, Q.; Bernstein, A.M.; Schulze, M.B.; Manson, J.E.; Stampfer, M.J.; Willett, W.C.; Hu, F.B. 2012. Red Meat Consumption and Mortality. Results From 2 Prospective Cohort Studies. *Archives of Internal Medicine* 172(7): 555-563.
- Prabhakaran, M.P.; Perera, C.O.; Valiyaveetil, S. 2006. Effect of different coagulants on the isoflavone levels and physical properties of prepared firm *tofu*. *Food Chemistry* 99(3): 492-499.
- Sacks, F.M.; Lichtenstein, A.; Van Horn, L.; Harris, W.; Kris-Etherton, P.; Winston, M. 2006. Soy protein, isoflavones, and cardiovascular health: An American Heart Association Science Advisory for professionals from the Nutrition Committee. *Circulation* 113(7): 1034-1044.
- Sancho, J.; Bota, E.; de Castro, J.J. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Ediciones Universitat de Barcelona. Barcelona, España. 336 pp.
- Schuldt, S.; Raak, N.; Jaros, D.; Rohm, H. 2014. Acid-induced formation of soy protein gels in the presence of  $\text{NaCl}$ . *LWT-Food Science and Technology* 57(2): 634-639.
- Shin, I.-S.; Han, J.-S.; Choi, K.-D.; Chung, D.-H.; Choi, G.-P.; Ahn, J. 2010. Effect of isothiocyanates from horseradish (*Armoracia rusticana*) on the quality and shelf life of *tofu*. *Food Control* 21(8): 1081-1086.
- Shurtleff, W.; Aoyagi, A. 2013. History of *tofu* and *tofu* products (965 CE to 2013). SoyInfo Center. Lafayette, CA, United States. 4016 pp.
- Wong, W.W.; Smith, E.O.; Stuff, J.E.; Hachey, D.L.; Heird, W.C.; Pownell, H.J. 1998. Cholesterol-lowering effect of soy protein in normocholesterolemic and hypercholesterolemic men. *American Journal of Clinical Nutrition* 68(6): 1385S-1389S.
- Yoon, H.H.; Kim, M. 2007. Physicochemical and sensory properties of *tofu* prepared with heat-treated soybeans. *Journal of Texture Studies* 38(3): 393-403.
- Yuan, Y.J.; Velez, O.D.; Chen, K.; Campbell, B.E.; Kaler, E.W.; Lenhoff, A.M. 2002. Effect of pH and  $\text{Ca}^{2+}$ -induced associations of soybean proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(17): 4953-4958.
- Zhang, X.; Lu, P.; Xue, W.; Wu, D.; Wen, C.; Zhou, Y. 2016. Digestive evaluation of soy isolate protein as affected by heat treatment and soy oil inclusion in broilers at an early age. *Animal Science Journal* 87(10): 1291-1297.