

# Evaluación experimental de la modificación de propiedades funcionales de concentrados proteicos vegetales por aplicación de aditivos alimentarios

## Experimental evaluation of the modification of functional properties of vegetables proteic concentrates by application of food additives

### Luis A. Toselli

Grupo de Inv. en Simulación para Ing. Qca., FRVM de la UTN. Av. Universidad 450 – XGB5900 Villa María, Córdoba, Argentina  
toselli\_l@frvm.utn.edu.ar

### Milena V. Monesterolo

Grupo de Inv. en Simulación para Ing. Qca., FRVM de la UTN. Av. Universidad 450 – XGB5900 Villa María, Córdoba, Argentina.  
vaninamonesterolo.vm@gmail.com

### Romina A. Beltrán

Grupo de Inv. en Simulación para Ing. Qca., FRVM de la UTN. Av. Universidad 450 – XGB5900 Villa María, Córdoba, Argentina.  
romibeltran@gmail.com

### Aldana A. Chesta

Grupo de Inv. en Simulación para Ing. Qca., FRVM de la UTN. Av. Universidad 450 – XGB5900 Villa María, Córdoba, Argentina.  
chaldana@gmail.com

## Resumen

Los concentrados se utilizan en la industria alimentaria para mejorar el contenido de proteínas en diferentes productos sin alterar de manera significativa su calidad en cuanto a color, sabor, aroma, textura y composición química y/o nutricional. Sin embargo, el tratamiento requerido para su obtención afecta sus propiedades funcionales limitando su uso. Se han propuesto alternativas tendientes a mejorar su estructura reticular, textura y capacidad de retención de agua, potenciando su efecto gelificante. Iones  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , fostatos, sulfatos y otros aditivos como polisacáridos, gomas, entre otros, poseen efectos beneficiosos como mejoradores de estructura. Se han evaluado de manera experimental distintos aditivos analizando su incidencia en concentrados proteicos de soja, observándose, hasta el momento, mejoras con la inclusión de sales que incrementan el contenido de iones  $\text{K}^+$  y fosfatos, así como, en menor medida, con algunas gomas y polisacáridos. Actualmente el trabajo continúa con la evaluación de nuevos agentes modificadores.

Palabras clave: Concentrados proteicos vegetales, modificación de propiedades funcionales, aditivos alimentarios.

## Abstract

Concentrates are used in the food industry to improve the protein content in different products without significantly altering their quality in terms of color, flavor, aroma, texture, and chemical and/or nutritional composition. However, the treatment required to obtain it affects its functional properties, limiting its use. Alternatives tending to improve its reticular structure, texture and water retention capacity have been proposed, enhancing its gelling effect.  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ions, phosphates, sulfates and other additives such as polysaccharides, gums, among others, have beneficial effects as structure improvers. Different additives

have been evaluated experimentally, analyzing their incidence in soybean protein concentrates, observing, up to now, improvements with the inclusion of salts that increase the content of  $K^+$  ions and phosphates as well as, to a lesser extent, with some gums and polysaccharides. Currently the work continues with the evaluation of new modifying agents.

Keywords: Vegetable protein concentrates, modification of functional properties, food additives.

## Introducción

Las proteínas de origen vegetal pueden obtenerse de diversas fuentes como cereales y leguminosas, su disponibilidad resulta de creciente valor nutricional para reducir la ingesta de proteína animal (Reginold Jebitta et al, 2021; Ridner, 2006). La soja, en particular, posee aproximadamente un 35 % de proteína y un 20 % de aceite, en promedio. Otra ventaja que presenta es su equilibrada composición de aminoácidos, lo cual hace que tenga especial interés para la industria alimentaria.

Luego de separado el aceite, se obtiene, con un procesamiento posterior distintos subproductos derivados que están compuestos por una mezcla de proteínas, principalmente globulares contando con en mayor proporción de glicina y  $\beta$ conglucina, (Petrucci, 1993; Fukushima, 1991). alcanzando valores de 65 % mínimo como Concentrados Proteicos de Soja -CPS- y 80 % o superiores en composición como Aislados, -APS-, respectivamente (Toselli y col, 2022).

Estos productos derivados son relativamente nuevos en el mercado (la disponibilidad de los concentrados data del año 1959) y se han desarrollado, principalmente como mejoradores de sabor y para aumentar el contenido de proteínas de los alimentos (Vioque y col, 2001; Johnson, 1999). Actualmente existe una variedad de ellos disponibles comercialmente y han sido diseñados para proporcionar las características deseadas según el tipo de alimento que se trate manteniendo su calidad, con igual o similar color, sabor, aroma, textura, composición química y nutricional (Wang, et al, 2004).

Tales características les confieren un gran potencial en la industria como aditivos o para reemplazar las proteínas de la carne y de los lácteos cuando se alcanzan condiciones apropiadas (Krishnan and Darly-Kindelshire, 2013; Lusas and Rhee, 1995). Particularmente, uno de sus aspectos más valorados es su capacidad de gelificación que está relacionada con la interacción proteína-agua, hidratación y con la interacción proteína-proteína. La mayoría de las proteínas globulares pueden formar geles termoestables. Por acción de la temperatura, se produce un desdoblamiento molecular, que conduce a su agregación parcial y, por ende, a dicha gelificación (Hermansson, 1986; Mohammed et al, 2000; Oakenfull et al, 1997).

La literatura científica identifica muchos factores que afectan las propiedades de los concentrados y aislados proteicos, su capacidad de formar estructura de geles termoestables se ve afectada durante el proceso de extracción sufriendo cambios que implican una desnaturalización y posterior refuncionalización, por cuestiones tales como: el método de secado utilizado o variables como velocidades de calentamiento, enfriamiento, pH, temperatura y concentración proteica, entre otras (Banerjee and Bhattacharya, 2012; Boukit et al, 2021).

Como una etapa previa del presente trabajo se ha llevado a cabo una amplia revisión bibliográfica con el objetivo de establecer el marco teórico de un tema de que ha sido elegido para el desarrollo de una tesina para concluir con la carrera de especialización en tecnología de los alimentos que se dicta en la FRVM de la UTN. Al respecto se ha propuesto como objetivo evaluar los avances realizados respecto de incorporación de aditivos de diferente naturaleza, tales como sales, gomas, polisacáridos, entre otros, actuando como agentes de entrecruzamiento para mejorar la estructura reticular y la capacidad de retención de agua potenciando el efecto gelificante de CPS comerciales.

Concluida dicha etapa se ha procedió a seleccionar una amplia variedad de aditivos que, en principio, resultan de mayor interés por cuestiones técnicas y/o económicas (costo, disponibilidad en el mercado, características y propiedades específicas, entre otras) dando comienzo a la fase de evaluación experimental que se desarrolla inicialmente a escala laboratorio para determinar su capacidad y eficiencia para mejorar la formación de geles.

## Desarrollo

A partir del estudio realizado se procedió a la selección de una amplia variedad de agentes, entre los que se encuentran diferentes sales como: NaCl, CaCl<sub>2</sub>, KCl, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub> NaHCO<sub>3</sub>; las cuales fueron evaluadas en rangos de concentraciones concordantes con las propuestas en la literatura científica (Zheng et al, 2019; Mulvihill and Kinsella, 1988; Zhang et al, 2016; Wang et al, 2017; Lu, et al, 2010; Moritaka, 1991); también de polisacáridos como el almidón, almidón waxy, gomas tales como xántica, guar, entre otros (Zhao et al, 2017; Chang et al, 2014; Ortiz et al, 2004); además de enzimas específicas (Motoki and Seguro, 1998; Espiga y col, 2006; Luo et al, 2019; Sun and Arntfield, 2011).

En la actualidad, una parte de ellos ya han sido evaluados experimentalmente como aditivos de un CPS comercial disponible en el mercado nacional previendo finalizar con las experiencias restantes en el año en curso, a efectos de documentar debidamente los datos requeridos para concluir el trabajo de tesis citado. Los ensayos se realizan en los laboratorios de la UTN-FRVM mediante aplicación de técnicas específicas para determinación de firmeza de gel y emulsión-identificada bajo la denominación TA22.06 Rev. 02 (técnica interna) que ha sido suministrada por la empresa proveedora del concentrado de referencia, a efectos de desarrollar mediciones comparativas de interés industrial.

La primera etapa de operación consiste en preparar la mezcla homogénea del material proteico pulverulento, que se toma desde la descarga del ciclón del secador antes su entrada a la tolva para fraccionamiento y embolsado, ver Fig. 1 (a), para lo cual y debido a las diferencias máscas y volumétricas existentes entre las fracciones de aditivo y de CPS, se procesa inicialmente el total a agregar con una fracción del concentrado y se adiciona el total en sucesivas alícuotas con tiempos de operación previamente establecidos determinados por índice de mezclado utilizando un mezclador de doble cono de escala laboratorio marca FIGMAY que se muestra en la Fig. 1(b). En el caso particular de las sales estas han sido evaluadas además mediante su agregado en solución.

La preparación final de los geles se logra mezclando la muestra de concentrado proteico y aditivos con agua en proporciones máscas definidas procediendo a la dispersión de ambas fases con un mezclador homogeneizador como el que se muestra en la Fig.1 (c) durante 30 s. Se efectúan inspecciones visuales para verificar la viscosidad y retención de agua comparando con una muestra de control que se utiliza como referencia y se continua la agitación de la pasta por 5 min a 2000 rpm, luego de lo cual se procede a dosificarlo en recipientes adecuados para su procesamiento térmico a baño maría durante dos horas a temperatura de 72°C y posterior enfriamiento a 10°C durante 16 horas.

Luego de concluida su elaboración los geles que han sido preparados en un lote de ensayos con un mismo aditivo en un determinado rango de concentraciones son evaluados visualmente comparando sus principales características físicas contra la de una muestra patrón de CPS elaborado en las iguales condiciones, pero sin ningún agregado de éstos.

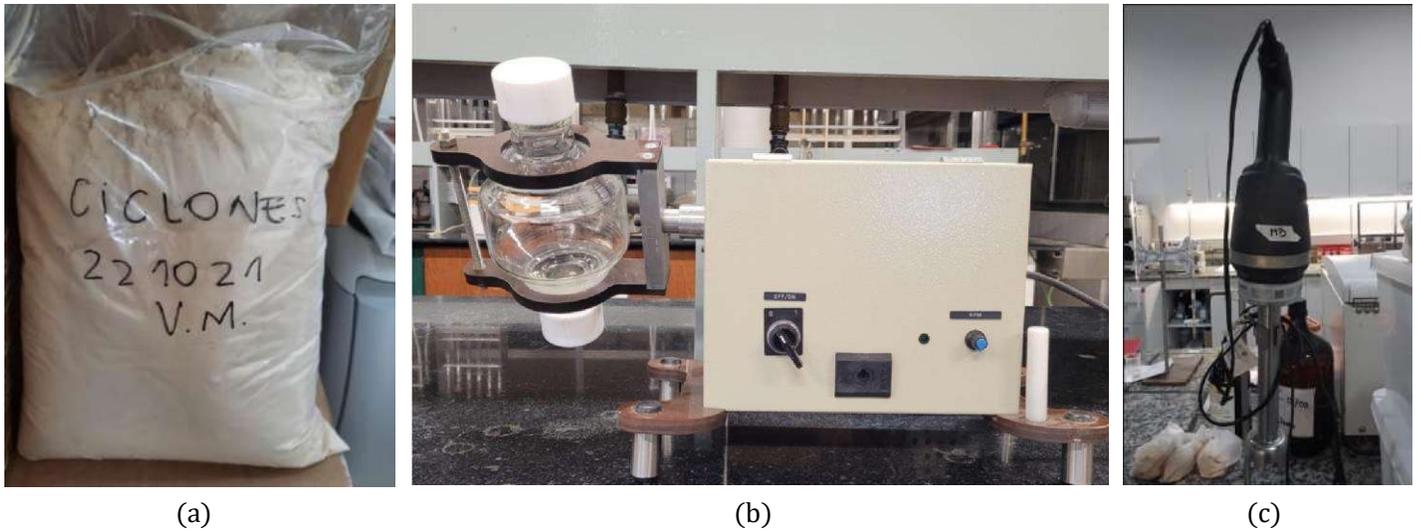


Figura 1: Muestra de CPS de línea de producción (a), Mezclador de doble cono (b) Mezclador homogeneizador (c)

Esta práctica resulta efectiva para una clasificación/selección primaria, pudiendo observarse comportamientos que implican fragilidad a la ruptura por compresión, falta de cohesión, tendencia a la formación de grumos, diferencias de coloración, variaciones de dureza y también un mayor comportamiento elástico en los casos que resultan más favorables en cuanto a la respuesta esperada para ese componente. A efectos de validez tales aseveraciones se muestra en la Fig. 2 algunas diferencias claramente observables, aún para un operador no demasiado experimentado.



Figura 2: Ejemplos de imágenes observadas para diferentes geles con aditivos y concentraciones varias.

La evaluación de las características de interés, tales como elasticidad y dureza se realizan mediante determinaciones con texturómetro y las cuales fueron llevadas a cabo con la colaboración de la empresa que suministra el CPS para el desarrollo de estas experiencias y con la cual existe un convenio para el uso compartido de laboratorios para realizar actividades académicas y de I+D con la institución. Para estos ensayos se ha utilizado un analizador de textura marca TA.XPlus, específico para aplicación

en alimentos, con probeta de penetración de 10 mm de diámetro. La determinación se plantea sobre la medición de las magnitudes físicas: fuerza (F), distancia (d) y tiempo (t).

La Fuerza  $f$  está asociada a la resistencia que ejerce gel cuando se realiza el ensayo, se mide en unidades de gramo fuerza. La distancia  $d$  indica la deformación generada en la muestra durante la prueba (en milímetros) y, finalmente, el tiempo  $t$  medido en segundos. En la Fig. 3 se observa el texturómetro y una imagen correspondiente a una curva de ensayo y sus respectivos parámetros.

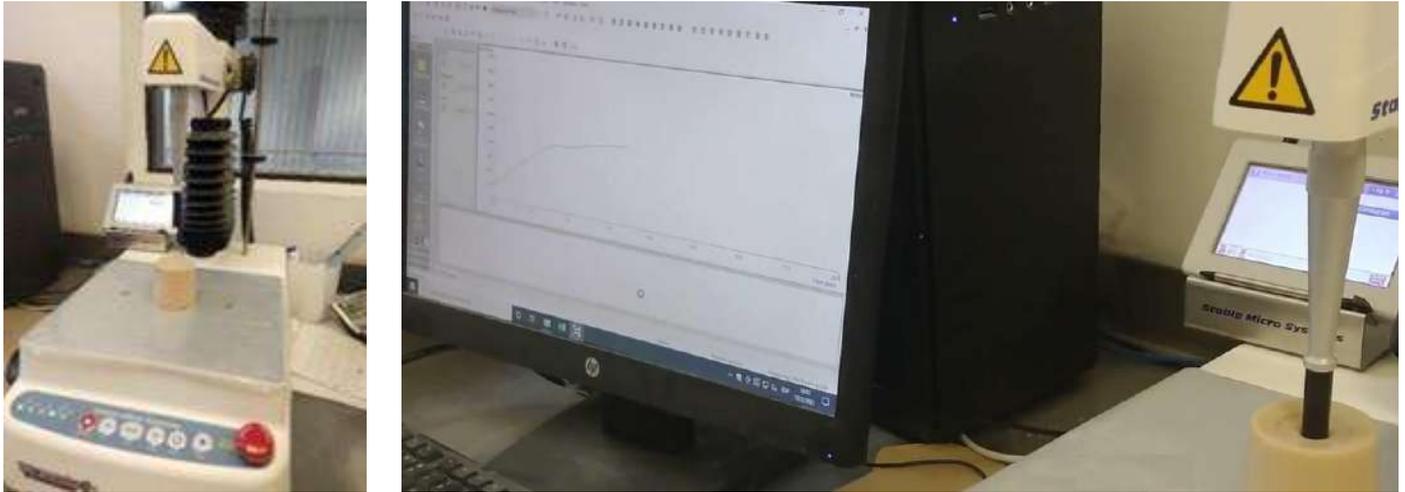


Figura 3: Texturómetro con muestra a procesar y curva de ensayo con parámetros  $f$ ,  $d$  y  $t$ .

## Conclusiones

Se ha desarrollado una importante actividad experimental que aún no está concluida, sin embargo, se ha alcanzado un volumen de información y resultados suficientes para concluir con el trabajo final de la carrera de especialización que fue el objetivo inicial, ii) se puede indicar que aún no se ha encontrado una mejora sustancial del producto con la mayoría de las sales en los rangos de concentraciones evaluados ii) Las mejores respuestas se han alcanzado con las sales de K, observando algunos progresos en cuanto a dureza. iii) entre los polisacáridos, en términos generales, los resultados más aceptables se han logrado con el uso de maltodextrina; iv) La combinación de aditivos y el ajustado control de variables de operación ha dado resultados muy satisfactorios, razón por lo cual se decidió continuar investigando al respecto vi) tales hallazgos han permitido tomar la decisión de seguir avanzando en esta línea de trabajo para desarrollar además una tesis de posgrado de maestría.

## Referencias

Banerjee, S. and Bhattacharya, S. (2012). "Food Gels: Gelling Process and New Applications", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52, 4, 334-346, doi: 10.1080/10408398.2010.500234.

Chang, Y. Li, D. Wang, L. Bi, C. Adhikari, B. (2014). "Effect of gums on the rheological characteristics and microstructure of acid-induced SPI-gum mixed gels", *Carbohydrate Polymers*, 108, 183-191. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.02.089>.

Espiga, C. Wu, H. Yu, Li, L. H. Chen Z. and Yang, X. (2006). "Coagulación y Gelación de Aislados de Proteína de Soja Inducidos por Transglutaminasa Microbiana", *Bioquímica Alimentaria*. <https://doi.org/10.1111/j.17454514.2005.00049>.

- Fukushima, D. (1991 a). "Recent Progress of Soybean Proteins Foods: Chemistry, Technology, and Nutrition", *Food Reviews International*, 7, 3, 323-351.
- Hermansson, A. M. (1986). "Soy Protein Gelation". *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63, 658-666.
- Johnson, L. A. (1999). "Process for producing improved soy protein concentrate from genetically-modified soybeans", Iowa. State University Patents.286. <http://lib.dr.iastate.edu/patents/286>
- Krishnan P. and Darly-Kindelspire J. (2013). "Food Product Innovations Using Soy Ingredients", *J Hum Nutr Food Sci* 1, 2, 1011.
- Lu, X. Lu, Z. Yin, L. Cheng, Y. and Li, L. (2010). "Effect of preheating temperature and calcium ions on the properties of cold-set soybean protein gel", *Food Res. Int.*, 43, 1673–1683.
- Luo, K. Liu, S. Miao, S. Adhikari, B. Wang, X. Chen, J. (2019). "Effects of Transglutaminase Pre-Crosslinking on Salt-Induced Gelation of Soy Protein Isolate Emulsion", *Journal of Food Engineering*, 263, 280 - 287, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2019.07.008
- Lusas E and Rhee K. C. (1995). *Practical handbook of soybean processing and utilization*. Chapter 8: Soy Protein Processing and Utilization. Ed: Erickson D. R., AOCS Press.
- Mohammed, Z. H., Hill, S. E. and Mitchell, J. R. (2000). "Covalent Crosslinking in Heated Protein System", *J. Food Sci.* 65, 221-226.
- Moritaka, H. Fukuba, H.; Kumeno, K.; Nakahama, N.; Nishinari, K (1991). "Effect of monovalent and divalent cations of the rheological properties of gellan gels", *Food Hydrocoll.*, 4, 495–507.
- Motoki, M., and Seguro, K. (1998). "Transglutaminase and Its Use for Food Processing", *Trends Food Sci. Technol.* 9, 204-210.
- Mulvihill, D.M. and Kinsella, J.E. (1988). "Gelation of  $\beta$ -lactoglobulin: Effects of sodium chloride and calcium chloride on the rheological and structural properties of gels", *J. Food Sci.*, 53, 231–236.
- Oakenfull, D., Pearce J., and Burley. R. W. (1997). "Protein Gelation", Pages 111-142 in S. Damodaran and A. Paraf, eds. *Food Proteins and Their Applications*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Ortiz, S. E. Puppo, M. C. and Wagner, J. R. (2004). "Relationship Between Structural Changes and Functional Properties of Soy Protein Isolates - Carrageenan System", *Food Hydrocolloids*, 18, 1045- 1053.
- Petrucelli, S. (1993). *Modificaciones estructurales de aislados proteicos de soja producidas por tratamientos reductores y térmicos y su relación con propiedades funcionales*. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas. UNLP. <https://doi.org/10.35537/10915/2753>
- Reginold Jebitta, S.; Durga Devi P. R; Deva Dharshini L; Theerdham Naga, S. H and, Vignesh K. (2021). "A Comprehensive Review on Protein Isolates from Legumes", *International Journal of Recent Technology and Engineering (Online)*, 6, 9, 215-222.

Ridner E. (2006). "Soja, Propiedades Nutricionales y su Impacto en la Salud. Capítulo 1. Valor Nutricional de la Soja. 1a ed.- Buenos Aires. Grupo Q S.A. Sociedad Argentina de Nutrición.

Sun, H. and Arntfield, S. (2011). "Gelation properties of salt-extracted pea protein isolate catalyzed by microbial transglutaminase cross-linking", *Food Hydrocolloids*, 25, 25 – 31.

Toselli, L. Beltrán, R. Gallardo, A. Comba, N y Bosco D. (2022). "Desarrollo de una Planta Industrial para Elaboración de Concentrados Proteicos de Soja y Arvejas.". *Memorias del Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. CLICAP 2022*. 1a ed. ISBN 978-987-46333-3-0. Libro digital, PDF. Compilación de Mónica Beatriz Barrera [et al.]. Fac. de Cs. Aplic. a la Industria de la UNC, San Rafael – Mendoza – Argentina. 06, 07 y 08 de abril de 2022.

Vioque, J, R. Sánchez-Vioque, J. Pedroche, M. Yust y F. Millán. (2001). "Obtención y aplicaciones de concentrados y aislados protéicos." *Grasas y Aceites*, 127 (52) 127-131.

Wang, H., Johnson L.A. and T. Wang. (2004). "Preparation of Soy Protein Concentrate and Isolate from Extruded-Expelled Soybean Meals", Paper no. J10816. *JAOCs*. 81, 713–717.

Wang, X. He, Z. Zeng, M. Qin, F. Adhikari, B. And Chen, J. (2017). "Effects of the size and content of protein aggregates on the rheological and structural properties of soy protein isolate emulsion gels induced by CaSO<sub>4</sub>", *Food Chem.*, 221, 130–138.

Zhang, Z.; Yang, Y. Tang, X. Chen, Y. and You, Y. (2016). "Chemical forces study of heat induced myofibrillar protein gel as affected by partial substitution of NaCl with KCl, MgCl<sub>2</sub> and CaCl<sub>2</sub>", *CyTA J. Food*, 14, 239–247.

Zhao, H. Wang, Y.S. Li, W.W. Qin, F. Chen, J. (2017). "Effects of oligosaccharides and soy soluble polysaccharide on the rheological and textural properties of calcium sulfate-induced soy protein gels", *Food Bioprocess Technol.* 10, 556–567.

Zheng, L. Teng, F. Wang, N. Zhang, X. Regenstein, J. M. Liu, J.S. Li, Y. and Wang, Z. J. (2019). "Addition of Salt Ions before Spraying Improves Heat-and Cold-Induced Gel Properties of Soy Protein Isolate (SPI)", *Appl. Sci.*, 9, 1076; doi:10.3390/app9061076.