

UTILIZACION DE ADITIVOS ALIMENTARIOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE CONCENTRADOS PROTEICOS

Milena V. Monesterolo, Emanuel Saab, Ariela Villalba Césere
Tutor: Luis A. Toselli

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

Resumen

Se plantea una revisión teórica de la utilización de aditivos para mejorar el comportamiento de las propiedades funcionales, en particular, la gelificación de concentrados proteicos como actividad preliminar para el desarrollo de una tesina postgrado de especialización en tecnología de los alimentos, que, a la fecha, se encuentra en curso de realización en la FRVM de la UTN. Este tipo de concentrados son productos relativamente nuevos en el mercado, popularizándose a partir de los años '60, siendo utilizados en la industria alimentaria para incrementar el contenido proteico y mantener la calidad de sus productos en cuanto a color, sabor, aroma, textura, composición química y nutricional de alimentos.

Se revisaron distintas alternativas tendientes a mejorar tanto la estructura de los geles como su textura, dada la incidencia que tienen las proteínas las diferentes operaciones realizadas para su obtención. La capacidad de formar estructura de geles termoestables de los concentrados proteicos se ve afectada durante el proceso de extracción sufriendo cambios que implican desnaturalización y posterior refuncionalización por el efecto de variables tales como velocidad de calentamiento, enfriamiento, pH, temperatura y concentración, entre otras.

Con el objetivo de mejorar sus propiedades funcionales se desarrolló una revisión de la literatura científica en donde se propone la incorporación de aditivos de diferente naturaleza, tales como sales, gomas, proteínas, polisacáridos, entre otros, actuando como agentes de entrecruzamiento para mejorar su estructura reticular y la capacidad de retención de agua potenciando su efecto gelificante, el cual es condicionante para valorar su calidad comercial.

Como conclusiones se cita el cierre del estudio teórico sobre los efectos de iones Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} , fosfatos, sulfatos y otros aditivos como transglutaminasas y gomas espesantes/gelificantes que permitió definir la metodología y el plan de trabajo experimental tomando como objetivo el comportamiento de concentrados proteicos de soja de producción industrial.

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

Introducción

Las proteínas de origen vegetales, en particular los aislados proteicos de soja, pueden ser utilizados en una gran cantidad de productos alimenticios, posee un alto nivel de proteínas y una equilibrada composición de aminoácidos (contiene todos los aminoácidos esenciales). Esto les confiere un gran potencial en la industria alimenticia como aditivo o para reemplazar las proteínas de la carne y los lácteos cuando sea apropiado. La soja contiene aproximadamente un 40% de proteína y un 20% de aceite en base seca, promedio. Cuando se elimina el aceite, se obtiene el aislado de proteína de soja (SPI). Los aislados están compuestos por una mezcla de proteínas, pero se encuentran en mayor proporción glicina y β -conglucina, estas representan más del 80% del total. (Peng et al, 1984). La relación entre ambas es de aproximadamente 0,5 -1,3 dependiendo de las variedades (Saio et al, 1969).

La funcionalidad de una sustancia se define como toda propiedad, nutricional o no, que interviene en su utilización. Este comportamiento depende de las propiedades físicas y químicas que se afectan durante el procesamiento, almacenamiento, preparación y consumo del alimento. Las características sensoriales resultan de más importancia para el consumidor que el valor nutricional, el que frecuentemente se altera para lograr buenas cualidades organolépticas, como textura, sabor, color y apariencia, las que a su vez son el resultado de interacciones complejas entre los ingredientes.

La mayor parte de alimentos formulados son espumas, emulsiones o productos similares a geles, por lo tanto, para que las proteínas vegetales puedan utilizarse como ingredientes de estos productos, deben poseer propiedades funcionales como solubilidad, capacidad de espumado, emulsificación y gelificación. Diversos factores tales como condiciones de proceso, método de aislamiento, factores ambientales (pH, fuerza iónica y temperatura) y la interacción con otros componentes alteran su funcionalidad. (Damodaran, and Kinsella, 1982).

Este estudio, se centra particularmente en la gelificación, la misma, está relacionada con la interacción proteína-agua, hidratación y con la interacción proteína-proteína. (Cheftel, 1989). La mayoría de las proteínas globulares pueden formar geles termoestables. Por acción de la temperatura, se produce un desdoblamiento molecular, que conduce a la agregación parcial de proteínas y, por ende, a la gelificación. La capacidad de formar estructura de geles termoestables de los concentrados proteicos se ve afectada durante el proceso de extracción sufriendo cambios que implican desnaturalización y posterior refuncionalización, por el efecto de variables tales como velocidad de calentamiento, enfriamiento, pH, temperatura y concentración, entre otras (Banerjee and Bhattacharya, 2012).

Se sabe que las características fisicoquímicas del gel, como las propiedades mecánicas, la opacidad y la capacidad de retención de agua, pueden modificarse con la temperatura de gelificación, el pH, el tipo de sal y la concentración de éstas que se utilice (Lakemond, et al, 2003). Se pretende realizar una revisión de las distintas alternativas existentes en la bibliografía, tendientes a mejorar las propiedades funcionales de los concentrados, generando una mejora en la textura y dureza, de los geles para que los mismos tengan una mejor aceptación en el mercado.

Desarrollo

Se ha realizado una extensa revisión de la literatura científica con el objeto de analizar la incorporación de aditivos de diferente naturaleza, tales como sales, gomas, proteínas, 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 los concentrados proteicos.

Las proteínas de soja se han clasificado en cuatro fracciones, globulinas 2S, 7S, 11S y 15S (Koshiyama, et al, 1981). Las globulinas 11S y 15S son las fracciones más abundantes, constituyendo entre un 65 y 85% de las proteínas totales (Liu et al, 1997). Las globulinas 11S y 15S se conocen como glicina y β -conglucina (Nielsen, 1985). Estas se han utilizado y modificado en gran medida para lograr funcionalidades alimentarias específicas.

Las propiedades funcionales de las proteínas se definen como la influencia de las propiedades fisicoquímicas de las proteínas en el comportamiento del sistema alimentario durante la preparación, procesamiento, almacenamiento y consumo que conduce a su calidad y atributos sensoriales (Zayas, 1997).

Las propiedades fisicoquímicas están controladas por la composición, estructura y conformación de las proteínas (Kinsella, 1979). Dentro de las propiedades funcionales, la gelificación presenta especial interés para dar a los productos alimenticios una textura deseable. Para lograr la gelificación se debe realizar una desnaturalización térmica de las mismas seguidas de una posterior etapa de agregación y gelificación. El objetivo de la desnaturalización térmica es desplegar las estructuras, de manera tal que queden expuestas. Las principales estructuras químicas que se pueden encontrar son grupos sulfhidrilo, residuos hidrofóbicos, grupos carbonilo, grupos amida de enlaces peptídicos y grupos amida de cadena lateral (Wang y Damodaran, 1991). En esta etapa las interacciones moleculares, filamentos y agregados forman la red tridimensional de proteínas. Las etapas descriptas

son las responsables que las proteínas en suspensión se incorporen a la red del gel (Aguilera, 1995).

La agregación y la gelificación se producen por efecto frío. Durante este proceso se forma una red tridimensional de agregados de proteína que puede incorporar agua, lípidos, azúcares sabores y otros ingredientes (Kinsella, 1979). El grado de agregación aleatoria que se produce depende del tipo de sustancia utilizada, de la concentración y de las interacciones entre partículas, esto determina el tipo de gel formado y se puede caracterizar por su viscosidad, plasticidad y elasticidad. (Hermansson, 1986). Kohyama y colaboradores (1995) han indicado que las interacciones hidrofóbicas juegan un papel primordial en la estructura de los mismos.

Los geles formados dependen de las condiciones en las cuales se producen. Según se presenta en la bibliografía pueden generarse dos tipos de estructuras, filamentos finos o agregados gruesos. Ambos tienen diferentes características, pueden volverse más gruesos si el pH se acerca al punto isoeléctrico o cuando aumenta la fuerza iónica. (Doi, 1993). En la figura 1 se observan los cambios generados en la estructura al variar la concentración, pH y fuerza iónica del gel.

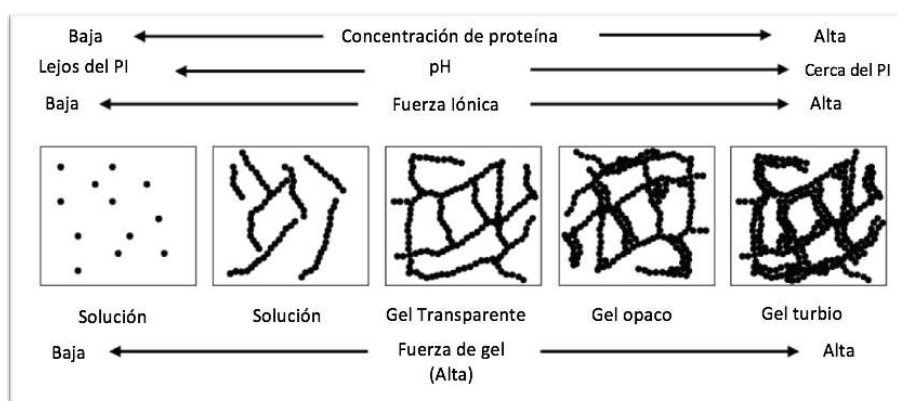


Figura 1: Modelo para la formación de la estructura de la red de proteínas frente a cambios de concentración, el pH o fuerza iónica. *Adaptado de Oakenfull et al (1997).*

Las condiciones de procesamiento de los alimentos, como el calentamiento, cambio de pH, aplicación de enzimas, son las responsables de la inducción de los entrecruzamientos (cross-linking). Los tipos más comunes de enlaces cruzados ocasionados durante estos procesos son enlaces disulfuro, enlaces derivados de deshidroproteína, de tirosina, de la reacción de Maillard y por reacciones enzimáticas (Gerrard et al, 2002).

En este tipo de agregados, las proteínas pueden manipularse para generar cambios en las propiedades funcionales, proporcionando modificaciones en la textura del gel. Una de esas modificaciones posibles es la adición de polisacáridos, como la carragenina. Cuando se añade la misma al aislado de proteína de soja, el producto resultante muestra una constante cinética de gelificación más alta y una visco-elasticidad mayor (Ortiz et al. 2004).

Se ha propuesto en la bibliografía especializada que las interacciones entre proteínas y compuestos con grupos carbonilos (interacciones del tipo de Maillard) puede lograr propiedades organolépticas deseables, en donde se obtiene una mejora en la textura (Mohammed et al, 2000). Entre los compuestos reportados se encuentran formaldehído, glutaraldehído, glicoxal y gliceraldehído. De los compuestos mencionados ha quedado indicado que el glutaraldehído es el que mayor eficiencia de entrecruzamientos alcanza (Gerrard et al, 2003).

Motoki y Seguro en 1998, estudiaron el uso de transglutaminasas como agente de entrecruzamiento para globulinas de soja. Se probó que se generaba un incremento en estos en las estructuras de glicina y de β -conglucina, luego de alcanzar los 30 minutos de incubación con TGA. Nonaka y colaboradores (1996) reportaron que la incubación con TGA en los concentrados de proteína producen geles más duros, disminuyendo la pérdida de agua, produciéndose una polimerización de las proteínas. Las condiciones óptimas para su uso se encuentran en el rango de pH de 4 a 9 para un

calentamiento de 70° C aproximadamente (Nielsen et al, 1995). Los beneficios derivados de este incluyen la mejora de la textura, promueven la gelificación y aportan lisina al producto, aumentando el valor nutricional (Folk, 1983) (Serrano et al, 2004). Se propuso además que la gelatina es buen sustrato para trabajar con TGA (Babin y Dickinson 2001).

Li y colaboradores en 2019 han determinado por medio de microscopía electrónica de barrido que los geles inducidos por calor y frío, presentaban una estructura uniforme, con superficies lisas y poros más pequeños utilizando sales en diferentes concentraciones, mejorando la funcionalidad de las proteínas para su uso como aditivo en diversos productos alimenticios. Se investigó además el efecto de la adición de iones de sal antes del secado por aspersión para mejorar las propiedades de gel del aislado de proteína de soja. Las sales utilizadas para la cual se exponen los resultados fueron de Na⁺ (0,005 - 0,01 M), Mg²⁺ (0,005 M) y Ca²⁺ (0,005 M). Se reportó que aumentaron significativamente la dureza, la elasticidad, la cohesión, la masticabilidad, la gomosidad y la capacidad de retención de agua.

Kohyama y colaboradores (1995) presentaron estudios sobre la gelificación de concentrados proteicos de soja utilizando CaSO₄ y encontraron que la gelificación por calcio era más rápida y que las principales fuerzas moleculares son las interacciones hidrofóbicas. Se han reportado geles inducidos por ácido cítrico, inulina, almidón, distintos tipos de gomas como goma guar, entre otras, inclusive mezclas de estos compuestos. Se ha registrado sinergia entre diferentes compuestos observándose resistencia mecánica mejorada mediante el uso de carragenina, goma guar y pectina, azúcares como ribosa y sacarosa, adición de proteínas de origen vegetal y animal, entre otras sustancias. (Haniye Abdi Kordlar, 2022).

Resultados y discusión

Se ha desarrollado 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 tesis para concluir con la carrera de especialización en tecnología de los alimentos que se dicta en la FRVM de la UTN.

A partir de dicha revisión de los tipos y características de distintos aditivos de origen vegetal, animal o microbiano se ha podido seleccionar de una amplia variedad de agentes, entre los que se encuentran gomas, hidrocoloides, enzimas, etc. a partir de los cuales se prevé desarrollar evaluaciones experimentales para determinar su capacidad de modificar favorablemente la formación de geles de concentrados proteicos comerciales que se encuentran presentes en el mercado.

El estudio que será realizado en los laboratorios de la institución se desarrollará a partir de la aplicación de técnicas estandarizadas evaluando para cada agente (o combinación de ellos) su comportamiento sobre la matriz del gel proteico bajo condiciones variables de concentración, pH, tratamiento térmico, entre otros.

La metodología a emplear contempla además otros aspectos específicos relacionados con la incorporación de los agentes por solubilidad, dispersión por mezclado en el concentrado en polvo garantizando su homogeneidad, evolución de ciclos tiempo temperatura para la conformación del gel, evaluación de sus características físicas principales, entre las cuales se cita evaluación de elasticidad, dureza mediante determinaciones con texturómetro que serán desarrollados en laboratorios de investigación de empresas con las que existen convenios establecidos con la institución.

Para esto se utilizará 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 primera está asociada con la resistencia que ejerce el producto a la energía que se le aplica durante el ensayo y es medida en unidades de gramo fuerza. La distancia con la deformación realizada por la muestra durante la aplicación de energía que se produce en el ensayo (en milímetros) y, finalmente, el tiempo medido en segundos. A manera de ejemplo en la Fig. 2 (a) se observa el texturómetro listo para iniciar el análisis de una muestra de gel, en tanto que la imagen (b) corresponde a una captura de pantalla con datos del software referidos a la curva de ensayo y sus respectivos parámetros de una experiencia realizada con el producto de referencia. Se puede identificar la variación en la distancia d hasta la penetración de la probeta.

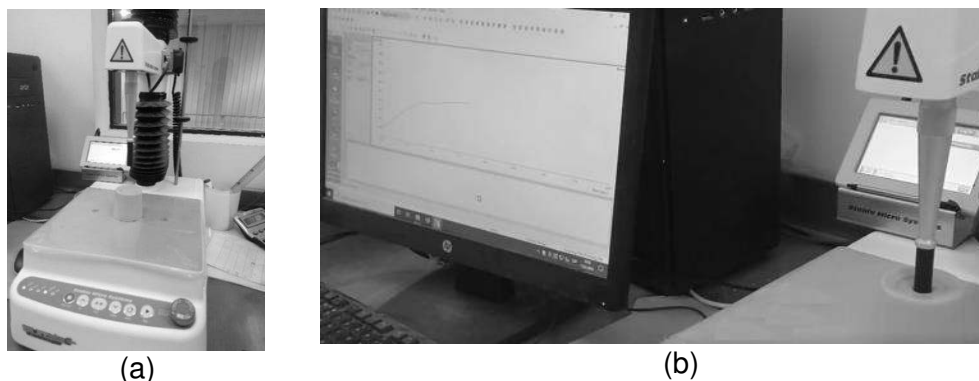


Figura 2 a y b : Texturómetro con muestra a procesar y curva de ensayo con parámetros f, d y t

Conclusiones

Como principales conclusiones se cita: i) luego de analizar la información técnica disponible se ha determinado la factibilidad de llevar adelante el estudio sobre la temática propuesta. ii) se cuenta con información teórica suficiente sobre los efectos de iones Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , fostatos, sulfatos y otros aditivos como transglutaminasas y gomas espesantes/gelificantes para definir el plan de trabajo experimental. iii) se ha definido la metodología de trabajo a desarrollar. iv) se pudo determinar los requerimientos en cuanto a demandas de insumos, equipamiento y medios resultan necesarios para su concreción y finalmente, iv) se han alcanzado condiciones que permiten dar comienzo a la fase experimental.

Referencias

- Aguilera, J. M. (1995). *Gelation of Whey Proteins*. Food Technol. 49, 83-89.
- Babin, H. and Dickinson. E. (2001). *Influence of Transglutaminase Treatment on the Thermoreversible Gelation of Gelatin*. Food Hydrocolloids. 15, 271-276.
- 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
- Cheftel, J.C. (1989). Capítulo 4. *Propiedades funcionales de proteínas*. *Proteínas Alimentarias*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Damodaran S. and Kinsella J. (1982). *Effect of conglycinin on the thermal aggregation of glycinin*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 30, 812 - 817.
- Doi, E. (1993). *Gels and Gelling of Globular Proteins*. Trends Food Sci. Technol. 4, 1-5.
- Folk, J. E. (1983). *Mechanism and Basis for Specificity of Transglutaminase-Catalyzed ϵ -(γ -glutamyl) Lysine Bond Formation*. Adv. Enzymol. 54, 1-57.
- Gerrard, J. A., Brown, P. K. and Fayle. A. E. (2002). *Maillard Crosslinking of Food Proteins I: The Reaction of Glutaraldehyde, Formaldehyde and Glyceraldehyde with Ribonuclease*. Food Chem. 79, 343-349.
- Gerrard, J. A. Brown, P. K. and S. E. Fayle. (2003). *Maillard Crosslinking of Food Proteins II: The Reactions of Glutaraldehyde, Formaldehyde and Glyceraldehyde with Wheat Proteins in vitro and in situ*. Food Chem. 80, 35-43.
- Haniye Abdi Kordlar (2022). Uniaxial and Viscoelastic Properties of SPI and SPI-Polysaccharide Gels. UWSpace. <http://hdl.handle.net/10012/18117>
- Hermansson, A. M. (1986). *Soy Protein Gelation*. J. Am. Oil Chem. Soc. 63, 658-666.