

# DESARROLLO DE BOLSAS PARA COCCIÓN DE CARNES AL HORNO A PARTIR DE PELÍCULAS PROTEICAS DE SOJA Y GELATINA ACTIVADAS CON CURRY

Luciana Di Giorgio, Pablo Rodrigo Salgado, Adriana Noemí Mauri

## 1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue desarrollar películas proteicas de soja y gelatina saborizadas con *curry*, utilizarlas para la formación de bolsas para cocción de carnes al horno, y evaluar su resistencia a distintos tratamientos de cocción. La activación con *curry* se realizó con la intención de que el material pueda además saborizar la carne durante la cocción. Se prepararon películas por *casting* a partir de dispersiones acuosas de aislado proteico de soja (APS) o gelatina bovina (GB), glicerol y distintas cantidades de saborizante. Las películas obtenidas se acondicionaron y luego se caracterizaron. Las películas de APS presentaron similar espesor y opacidad que las de GB; mientras que las primeras presentaron una leve coloración amarillenta las segundas resultaron incoloras. Al aumentar la concentración de *curry* se observó un incremento proporcional en el espesor de las películas y un aumento notorio en la opacidad y en la coloración rojiza de los materiales proteicos resultantes. Las películas de APS presentaron mayor contenido de humedad que las de GB, pero resultaron menos solubles en agua y menos permeables al vapor de agua que éstas; sin embargo estas propiedades no se modificaron significativamente con el agregado del saborizante. Las películas de APS resultaron más resistentes y menos elongables que las formuladas con GB. El agregado de saborizante a ambas formulaciones provocó una disminución en la elongación de las películas, acompañado por un aumento en el módulo de Young, sin modificaciones significativas en la resistencia a rotura; y les otorgó importantes propiedades antioxidantes. Se obtuvieron bolsas

---

CONTACTO: Pablo Rodrigo Salgado [psalgado@cidca.org.ar](mailto:psalgado@cidca.org.ar)  
Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecología de  
Alimentos (CIDCA, CONICET-UNLP), La Plata, Buenos Aires,  
Argentina.

proteicas por termosellado a partir de las películas de APS y GB con o sin *curry*, y se utilizaron para cocinar pollo en horno convencional y en microondas. Sólo las bolsas obtenidas por termosellado a partir de las películas proteicas de soja, saborizadas o no con *curry*, resistieron satisfactoriamente ambos tratamientos de cocción.

## 2. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayoría de los envases utilizados en la industria alimentaria son producidos con plásticos sintéticos; sin embargo, estos materiales están siendo muy cuestionados debido a la posible migración de sustancias desde el envase hacia los alimentos, y a los problemas ambientales que ocasiona su acumulación una vez desechados ya que no son fácilmente degradados en el medio ambiente. En respuesta a estas problemáticas ha crecido la demanda de materiales biodegradables a partir de fuentes renovables (biopolímeros) (1); (2).

Las proteínas extraídas de recursos agropecuarios renovables o de subproductos industriales resultan atractivas en el desarrollo de películas o recubrimientos biodegradables y/o comestibles. Las películas proteicas suelen presentar excelentes propiedades barrera al oxígeno, a lípidos y a los aromas; propiedades mecánicas moderadas y una elevada permeabilidad al vapor de agua, en comparación con los materiales sintéticos (3). Para ampliar su funcionalidad se han utilizado distintas estrategias, siendo una de ellas la incorporación de aditivos para conferirle al envase características especiales, por ejemplo el agregado de agentes antioxidantes, antimicrobianos, microorganismos probióticos, *flavors* y pigmentos (4). Los materiales resultantes entran en la categoría de envases activos.

Un envase activo se define como aquel que cambia las condiciones del alimento envasado y/o del entorno para extender su vida útil, aumentar su seguridad microbiológica o mejorar sus propiedades organolépticas, manteniendo su calidad. Generalmente, los envases activos basan su actividad en propiedades intrínsecas del polímero (como el caso del quitosano) o en propiedades de sustancias específicas que son incorporadas dentro de la matriz polimérica (como agentes antioxidantes y antimicrobianos) (5).

Hoy en día existe una preferencia por parte de los consumidores a la utilización de aditivos de origen natural, ya que relacionan su uso con una mejor calidad de vida. Un ejemplo de este tipo de compuestos es la curcumina, ingrediente principal

del condimento *curry*, la cual ha sido ampliamente utilizada como colorante y saborizante en la industria alimentaria. Recientemente se ha descrito que la curcumina además posee importantes propiedades antioxidantes y presenta efecto antimicrobiano contra *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (6).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar películas proteicas de soja y gelatina saborizadas con *curry*, utilizarlas para la formación de bolsas para cocción de carnes al horno, y evaluar su resistencia a distintos tratamientos de cocción.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### MATERIALES

Se trabajó con un aislado proteico de soja (APS, SUPRO 500E, Dupont, Brasil) y gelatina bovina (GB, Rousselot 150H4, Rousselot Argentina S.A., Argentina) como biopolímeros; glicerol como plastificante (Anedra, Argentina); y un condimento comercial “*curry*” (La Parmesana, Argentina) como saborizante. Los ensayos de cocción fueron realizados sobre pechugas de pollo deshuesadas adquiridas en una carnicería local. Todos los reactivos químicos utilizados fueron de pureza analítica.

#### OBTENCIÓN DE LAS PELÍCULAS

Las películas se obtuvieron por *casting* a partir de dispersiones acuosas de proteínas (APS o GB, al 5 %p/v), glicerol (1,25 %p/v) y distintas concentraciones de saborizante (0, 2 y 4 %p/p respecto de APS o GB) a pH=10. Una vez listas las dispersiones, se dispusieron 25 g de cada una en placas rectangulares de acrílico y se secaron en una estufa con convección forzada (Yamato, DKN600, Estados Unidos) a 40 °C durante 12 horas. Las películas resultantes se acondicionaron 48 h a 20 °C y 59 % de humedad relativa (HR) previo a su caracterización.

#### CARACTERIZACIÓN DE LAS PELÍCULAS

Las películas obtenidas fueron caracterizadas según su espesor, contenido de agua (ASTM D644-99), color, opacidad, solubilidad en agua, permeabilidad al vapor de agua (ASTM E96-00), temperatura de transición vítrea (por DSC, ASTM D3418-03), propiedades mecánicas en ensayo de tracción (ASTM D882-02) y microestructura (por SEM) (7, 8). También se determinó su actividad antioxidante según su capacidad de capturar al radical catiónico ABTS<sup>•+</sup>, donde se utilizaron como

muestras alícuotas de los filtrados obtenidos de los ensayos de solubilidad en agua (7) y la resistencia del termosellado con un ensayo en tracción utilizando un texturómetro (9).

*Formación de las bolsas proteicas para cocción:* Se prepararon bolsas proteicas a partir de las películas de soja y gelatina saborizadas con 2 % de *curry*. Para ello, la película proteica se dobló a la mitad y se selló en uno de los extremos con una termoselladora manual por impulso; luego se colocó cuidadosamente la pieza de carne en su interior y se sellaron los dos extremos restantes.

*Ensayos de cocción:* se determinó el tiempo óptimo de cocción de la carne de pollo dentro de las bolsas proteicas de soja y gelatina saborizadas con 2 % de *curry*, en horno convencional (a 180 °C) y en microondas (a 500 W), y se evaluó la resistencia de las bolsas proteicas al tratamiento térmico realizado. Los tiempos de cocción ensayados fueron 2, 4, 6, 8 y 10 minutos para horno convencional y 1, 2, 2.5, 3 y 4 minutos para horno microondas. El tiempo óptimo de cocción se seleccionó teniendo en cuenta las características organolépticas de la carne de pollo (aparición, color y textura de la carne).

*Análisis estadístico:* Se informa valor medio  $\pm$  desviación estándar. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon con el Test de Tukey HSD con  $\alpha=0.05$ , empleando Statgraphics plus, versión 5.1 (Statgraphics, Estados Unidos).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### PELÍCULAS PROTEICAS DE SOJA Y GELATINA ACTIVADAS CON CURRY

Las proteínas de soja y las de gelatina presentan diferencias en cuanto a su origen (vegetal y animal) y a su estructura y funcionalidad (composición aminoacídica, solubilidad, etc.). Sin embargo, ambas presentan buenas características para la formación de películas comestibles por lo que se decidió utilizarlas como materias primas para evaluar esta aplicación. En la Figura 1 se muestran fotografías de las películas proteicas de soja y gelatina con diferentes concentraciones de saborizante *curry* (0, 2 y 4 %p/p). En ellas es posible observar un incremento de la coloración rojiza (aumento del parámetro  $a^*$  y disminución de  $L^*$  -datos no mostrados-) y en la opacidad ( $\sim 10$  veces -datos no mostrados-) de las películas con el agregado de *curry*. Los espesores de las películas aumentaron significativamente ( $p < 0,05$ ) en forma proporcional a la concentración de saborizante, debido a que el porcentaje de sólidos

se va incrementando, siendo el efecto más marcado en las películas de APS (de ~60  $\mu\text{m}$  a ~140  $\mu\text{m}$ ) que en las de GB (de ~60  $\mu\text{m}$  a ~120  $\mu\text{m}$ ) ( $p < 0,05$ ). Las películas de APS presentaron mayor contenido de humedad que las de GB (~ 20 % vs. 15 %) ( $p < 0,05$ ), pero resultaron menos solubles en agua (~ 35 % vs. 90 %) y menos permeables al vapor de agua (~  $1 \cdot 10^{-10}$  vs.  $1,5 \cdot 10^{-10}$  g/Pa.m.s) que éstas ( $p < 0,05$ ). La susceptibilidad al agua de las películas (solubilidad y WVP) no se vio afectada de forma significativa con el aumento en la cantidad de condimento ( $p > 0,05$ ), pero sí sus propiedades mecánicas (Tabla 1). Las películas proteicas de soja resultaron más resistentes y menos elongables que las formuladas con gelatina ( $p < 0,05$ ). Con el agregado de saborizante, se observó una disminución en la elongación de las películas ( $p < 0,05$ ), acompañado por un aumento en el módulo de Young ( $p < 0,05$ ) sin modificaciones significativas en la resistencia a la rotura ( $p > 0,05$ ). Es evidente que la presencia de las especias rigidizan la película, probablemente por interacciones entre la matriz y las partículas presentes en el condimento. Posiblemente las imperfecciones en la interfase entre las partículas y la matriz proteica, observadas por SEM –imágenes no mostradas–, podrían actuar como concentradores de tensiones que podrían iniciar la ruptura temprana de las películas, provocando una menor elongación. También se observó que al incrementar el contenido de saborizante aumentó la Tg de las películas de soja (de -32 a -23 °C) y gelatina (de -39 a -32 °C) ( $p < 0,05$ ), probablemente porque las partículas de condimento que no se disolvieron durante la formulación y que interactúan con las proteínas, refuerzan la película e imponen rigidez a la matriz proteica.

Considerando que el condimento utilizado en este trabajo posee curcumina como ingrediente principal, y sabiendo que este compuesto posee probadas propiedades antioxidantes y antimicrobianas, entre otras (10, 11, 12), se evaluó la capacidad antioxidante de las películas proteicas desarrolladas. En la Figura 2 se muestra que la actividad antioxidante de las películas se incrementó significativamente al aumentar la concentración de saborizante ( $p < 0,05$ ). Las películas saborizadas de GB presentaron menor actividad antioxidante que las formuladas con proteínas de soja ( $p < 0,05$ ), lo que sugiere que los compuestos de interés probablemente interactúen en mayor medida con la matriz de gelatina impidiendo su solubilización y/o inactivando su acción, o que la presencia del condimento facilite la liberación de los activos propios en soja y se manifieste un efecto sinérgico en estas muestras. Por otro lado es posible observar que las películas proteicas sin saborizante prácti-

camente no presentaron actividad antioxidante, aunque se conoce que los aislados proteicos de soja poseen isoflavonas (13). Sin embargo, en el presente trabajo, dichos compuestos están presentes en concentraciones menores que los límites de detección del método empleado.

En la Figura 3 se muestra para ambos sistemas proteicos, que el agregado de condimento a la formulación disminuyó la resistencia del termosellado ( $p < 0,05$ ), lo que puede atribuirse a la mayor rugosidad superficial e incluso a la inhomogeneidad del material en presencia del saborizante. Las películas proteicas de soja presentaron falla de tipo adhesiva, es decir, las probetas termoselladas se separaron y quedaron enteras; mientras que las películas de gelatina se elongaban significativamente durante el ensayo y luego se generaba la ruptura de la probeta cerca del cierre o de la mordaza, sin producirse la ruptura del termosellado. El termosellado de las películas de APS con 4 % de saborizante se separó inmediatamente luego de comenzar el ensayo de tracción, por lo que no se pudieron recolectar datos para determinar su resistencia. Teniendo en cuenta que la aplicación deseada es la formación de bolsas, se priorizaron las propiedades mecánicas y la capacidad de termosellado para seleccionar la concentración de condimento más adecuada para proseguir con los ensayos, por lo que se siguió trabajando con las películas de soja y gelatina conteniendo 0 y 2 % de saborizante *curry*.

#### **DESARROLLO DE BOLSAS PROTEICAS PARA COCCIÓN DE CARNES**

Las bolsas para cocción se prepararon por termosellado de las películas proteicas y la carne se introdujo en la bolsa con la precaución de que no se pegara a la película hasta que no se encontrara en la posición deseada. Se seleccionaron como tiempos óptimos de cocción del pollo 3 y 10 minutos para los procesos realizados en horno microondas (a 500 W) y convencional (a 180 °C) respectivamente (para las muestras utilizadas en este ensayo), ya que en esas condiciones la carne se cocinó completamente quedando “a punto”, como se ilustra en la Figura 4.

Las bolsas realizadas con películas de soja aditivadas con 2 % de *curry*, resistieron satisfactoriamente los tratamientos de cocción en horno convencional y microondas, mientras que las preparadas con películas de gelatina con similar formulación, se desintegraron durante la cocción. Estas diferencias pueden atribuirse a la mayor sensibilidad al agua de las películas de gelatina, que no les permitió mantener su integridad durante los procesos de cocción realizados.

## 5. CONCLUSIONES

- El agregado del saborizante *curry* a la formulación afectó significativamente la apariencia de las películas, aumentando su espesor, su coloración, su opacidad, y su rugosidad superficial; pero no modificó marcadamente su susceptibilidad al agua. Las partículas insolubles del condimento, actuaron como refuerzos para la matriz proteica, logrando mejorar la resistencia mecánica de las películas en detrimento de su elongación y su capacidad de termosellado.

- La adición de *curry* a la formulación activó a las películas con una importante actividad antioxidante, atribuida principalmente a la curcumina presente en el condimento, siendo esta actividad más importante en los sistemas proteicos de soja.

- Fue posible realizar bolsas proteicas de soja y gelatina saborizadas con 2 % de *curry* a partir de las películas desarrolladas por termosellado.

- Las bolsas obtenidas con películas de soja aditivadas con 2 % de *curry*, resistieron satisfactoriamente los tratamientos de cocción en horno convencional y microondas, mientras que las preparadas con películas de gelatina con similar formulación, se desintegraron durante la cocción debido a su mayor sensibilidad a la humedad.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SIRACUSA V, Rocculi P, Romani S, Rossa MD. Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology* 2008; 19:634–43.

ZHAO R, Torley P, Halley PJ. (2008) Emerging biodegradable materials: starch- and protein-based bionanocomposites. *Journal of Materials Science*; 43:3058–71.

GENNADIOS, A. (2002). *Protein-based films and coatings*. CRC Press. USA.

MAURI, A.N.; Añon, M.C. (2012). "Proteínas como envases alimentarios". En "Películas y Recubrimientos Comestibles: Propiedades y aplicaciones en alimentos", editado por Olivas, G.I., Soliva-Fortuni, R., Martín-Belloso, O. y González-Aguilar, G. Editorial Trillas, Mexico. En Prensa.

DAINELLI, D.; Gotard, N.; Spyropoulos, D.; Zondervan-van den Beuken, E.; Tobback, P. 2008. *Trends in Food Science & Technology*. 19, S103-S112.

AGGARWAL, B.B., Kumar, A., Aggarwal, M.S. and Shishodia, S. (2005). Curcumin derived from turmeric (*Curcuma longa*): a spice for all seasons. In: *Phytopharmaceuticals in Cancer Chemoprevention* (edited by H. Press). Pp. 349-387. Boca Raton: CRC Press.

- SALGADO, P. R. (2009). Proteínas de Girasol: aislamiento, caracterización y aplicación en la industria alimentaria. Tesis Doctoral (UNLP, Argentina).
- ASTM. (2004). Annual book of ASTM standards; ASTM International: Philadelphia, PA, USA.
- LÓPEZ, O. V.; García, M. A.; Zaritzky, N. E. (2011). Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón.
- TÖNNESEN HH, de Vries H, Karlsen J, van Henegouwen GB. (1987). Studies on curcumin and curcuminoids IX: investigation of the photobiological activity of curcumin using bacterial indicator systems. *J Pharmaceu Sci*, 76: 371-373.
- Benerjee A, Nigam SS. (1978). Antimicrobial efficacy of the essential oil of *Curcuma longa*. *Ind J Med Res*, 68: 864-866.
- TODA S. (1985). Natural antioxidants IR. Antioxidative components isolated from rhizome of *Curcuma longa* L. *Chem Pharm Bull*, 33: 1725-1728.
- SPERONI F, Milesi V, Añón MC. (2010). Interactions between isoflavones and soybean proteins: Applications in soybean protein isolate production. *LWT*, 43: 1265-1270.

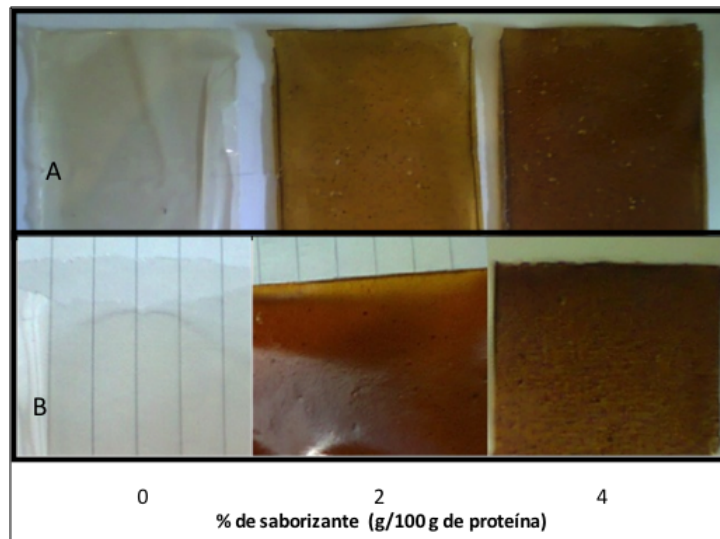
## 7. TABLAS Y FIGURAS

**TABLA 1.** Tensión a la rotura ( $\sigma_r$ ), elongación a la rotura (e) y Módulo de Young (E) de las películas proteicas de soja y gelatina con distintas concentraciones de saborizante *curry* (0, 2 y 4 g/100 g de fuente proteica).

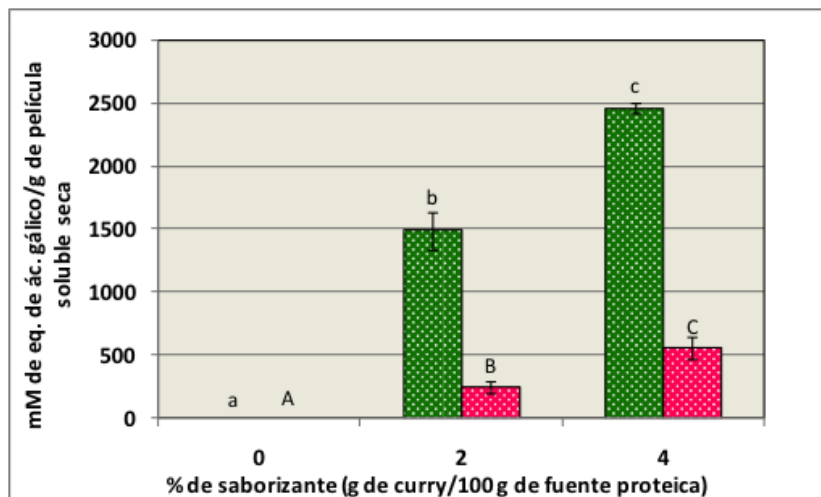
Muestra	Curry (%)	$\sigma_r$ (MPa)	e (%)	E (MPa)
APS	0	5,24 ± 0,59 <sup>a</sup>	57,31 ± 18,26 <sup>c</sup>	1,95 ± 0,35 <sup>a</sup>
APS	2	5,93 ± 1,29 <sup>a</sup>	11,28 ± 3,44 <sup>b</sup>	2,78 ± 0,56 <sup>b</sup>
APS	4	5,66 ± 1,19 <sup>a</sup>	2,84 ± 0,7 <sup>a</sup>	3,54 ± 0,58 <sup>c</sup>
GB	0	1,91 ± 0,64 <sup>A</sup>	229,32 ± 68,97 <sup>C</sup>	0,02 ± 0,01 <sup>A</sup>
GB	2	1,61 ± 0,45 <sup>A</sup>	114,12 ± 14,47 <sup>B</sup>	0,03 ± 0,01 <sup>A</sup>
GB	4	1,54 ± 0,2 <sup>A</sup>	29,66 ± 22,38 <sup>A</sup>	0,14 ± 0,03 <sup>B</sup>

En columnas, los valores con distintas letras son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) según el test de Tukey. Letras minúsculas informan diferencias entre películas de soja, y mayúsculas entre películas de gelatina.

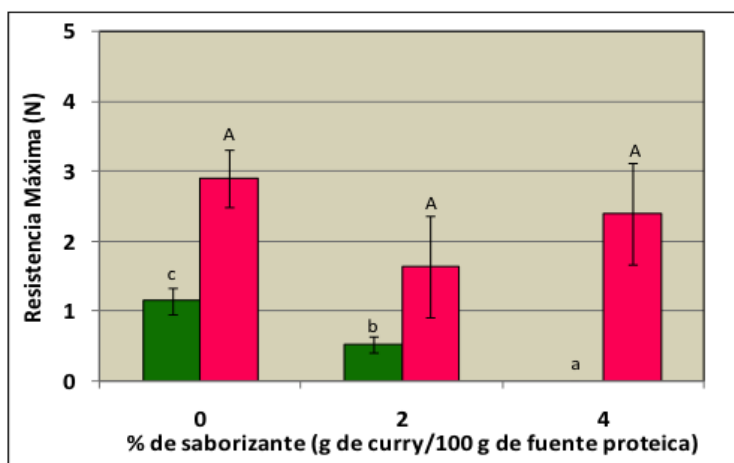




**FIGURA 1.** Películas de proteínas de soja (**A**) y de gelatina (**B**) con distintas concentraciones de saborizante *curry* (0, 2 y 4 g/100 g de fuente proteica).

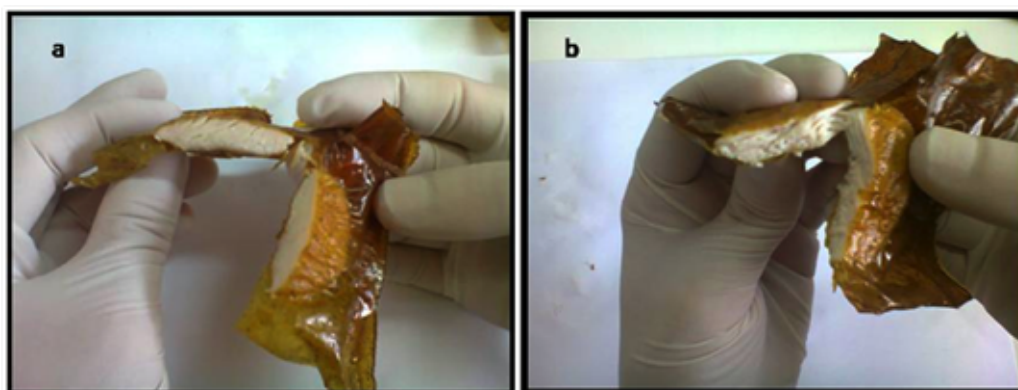


**FIGURA 2.** Actividad antioxidante de las películas proteicas de soja (■) y gelatina (■) con distintas concentraciones de saborizante *curry* (0, 2 y 4 g/100 g de fuente proteica). Los valores con distintas letras son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) según el test de Tukey. Letras minúsculas informan diferencias entre películas de soja, y mayúsculas entre películas de gelatina.



**FIGURA 3.** Resistencia máxima del termosellado de las películas proteicas de soja (■) y gelatina (■) con distintas concentraciones de saborizante *curry* (0, 2 y 4 g/100 g de fuente proteica).

Los valores con distintas letras son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) según el test de Tukey. Letras minúsculas informan diferencias entre películas de soja, y mayúsculas entre películas de gelatina.



**FIGURA 4.** Condiciones seleccionadas para la cocción del pollo en las bolsas proteicas de soja aditivadas con 2 % de *curry* **a)** 3 minutos en horno microondas (500 W) y **b)** 10 minutos en horno convencional (180 °C).