

# Plasma bovino tecnológicamente mejorado para aplicaciones alimenticias

Laura Rodríguez Furlán; Antonio Pérez Padilla y Mercedes Campderrós  
 Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas (INTEQUI-CONICET)  
 Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia (UNSL). San Luis, Argentina.  
 mcamp@unsl.edu.ar

## Introducción

Las necesidades y disponibilidad de proteínas a escala mundial experimentan un déficit debido al creciente aumento de la población mundial. En este contexto, la revalorización del plasma bovino, tradicionalmente considerado como un residuo de la industria cárnica, está siendo impulsada durante los últimos años. En el proceso de producción de carne en los mataderos, el principal producto de desecho es la sangre, la cual tiene un gran poder contaminante debido a la alta cantidad de sólidos totales (18%) y a la elevada demanda química de oxígeno (DQO) de 500.000 mg O<sub>2</sub>/l (Del Hoyo, 2007).

Sin embargo, uno de los principales componentes de la sangre son proteínas, por lo tanto parece obvio recuperar el contenido proteico presente en la sangre del matadero, especialmente en nuestro país donde existe una gran disponibilidad de materia prima. El plasma está básicamente compuesto por proteínas de elevada calidad nutricional (7% del peso), agua (91%) y una gran variedad de sales y compuestos de bajo peso molecular (1%). Particularmente, todas las proteínas de la sangre se encuentran en el plasma excepto la hemoglobina, la que se encuentra mayoritariamente en la fracción celular.

Los usos de las proteínas del plasma son variados, en el caso de la incorporación de proteínas en chacinados o embutidos, les otorga propiedades como retención de humedad y, consecuentemente, mayor jugosidad y reducción de mermas en la cocción. Además aportan liga entre los trozos de carne, color atractivo y una conveniente relación costo-beneficio. En cuanto a la elaboración de pastas finas, ayudan a la emulsión de la grasa y estabilidad en la cocción, aportando también un color atractivo (Sciar, 2009).

Sin embargo el plasma bovino presenta diferentes inconvenientes que proveen características negativas al producto final, como baja solubilidad y propiedades organolépticas desagradables olor, sabor y color (Del Hoyo, 2007). Uno de los motivos que generan estos aspectos negativos, que usualmente limitan su uso en alimentación, es su elevado porcentaje de proteínas desnaturalizadas.

Los tratamientos térmicos de las proteínas –o de los alimentos ricos en proteínas– pueden conducir, según su intensidad, a reacciones de desulfuración, desaminación, isomerización y otras modificaciones químicas

de los residuos de aminoácidos que conducen a una desnaturalización proteica. Algunas veces esto va seguido por la formación de compuestos tóxicos. En las proteínas globulares, como la proteína mayoritaria del plasma (la BSA soluble en agua) la desnaturalización está acompañada de una pérdida de la solubilidad, lo que limita también las aplicaciones en diferentes preparados alimenticios (Cheftel, 1989).

En el trabajo realizado en nuestro grupo de investigación, se tomó como materia prima plasma bovino seco por método spray (Yerubá S.A., Argentina). Se estudiaron las propiedades funcionales, el porcentaje de proteínas desnaturalizadas, la estabilidad o vida útil y las propiedades de transición vítrea de las proteínas plasmáticas. Los resultados obtenidos se compararon con plasma bovino concentrado y desmineralizado empleando tecnología de membranas.

La utilización de microfiltración (MF) y ultrafiltración (UF) es ventajosa frente a los métodos tradicionales, ya que puede realizarse en una sola etapa, con bajo consumo energético, a bajas temperaturas, sin producción de subproductos contaminantes. El concentrado obtenido es secado por liofilización, método por el cual el alimento se conserva por reducción de actividad del agua, y las características organolépticas y valor nutritivo resultan menos afectadas. Sin embargo, durante este proceso la proteína se encuentra sometida a dos etapas de estrés: congelamiento y secado. Este tratamiento produce un cambio conformacional a nivel de las estructuras terciarias y cuaternarias de la proteína (desnaturalización proteica), llevando a la pérdida parcial o total de sus propiedades funcionales. Sin embargo, existen sustancias tales como los sacáridos que ejercen un efecto protector sobre las proteínas, ya que interaccionan con las cargas proteicas estabilizándolas en solución, además reemplazan el agua que hidrata las proteínas durante el proceso de congelamiento, formando con ésta enlaces puente de hidrógeno. Durante el proceso de secado encierran la proteína dentro de una estructura vítrea evitando su plegamiento y así la conservación de su conformación. En nuestro trabajo se emplearon glucosa, sacarosa e inulina como agentes protectores y se compararon los resultados obtenidos.

Los concentrados proteicos con y sin tratamiento fueron evaluados en el empleo como ingredientes en la formulación de un picadillo de carne.

## Proceso experimental

A partir de la materia prima se prepararon soluciones al 3% (p/v) para alimentar el proceso con membranas, el cual implicó un paso por un filtro de MF y luego una UF tangencial con un cassette de membranas poliméricas (Millipore) con un corte de peso molecular de 10 kDa. Con este procedimiento se logra una purificación y concentración de la muestra. Los concentrados obtenidos se liofilizaron en bandejas circulares de acero inoxidable a  $-40^{\circ}\text{C}$  (Liofilizador Rificor), empleando en algunas muestras los siguientes agentes protectores: monosacárido, sacarosa (Azúcar Ledesma); disacárido, glucosa (Parafarm) y polisacárido, inulina (Orafti). El esquema empleado se muestra en la figura 1.

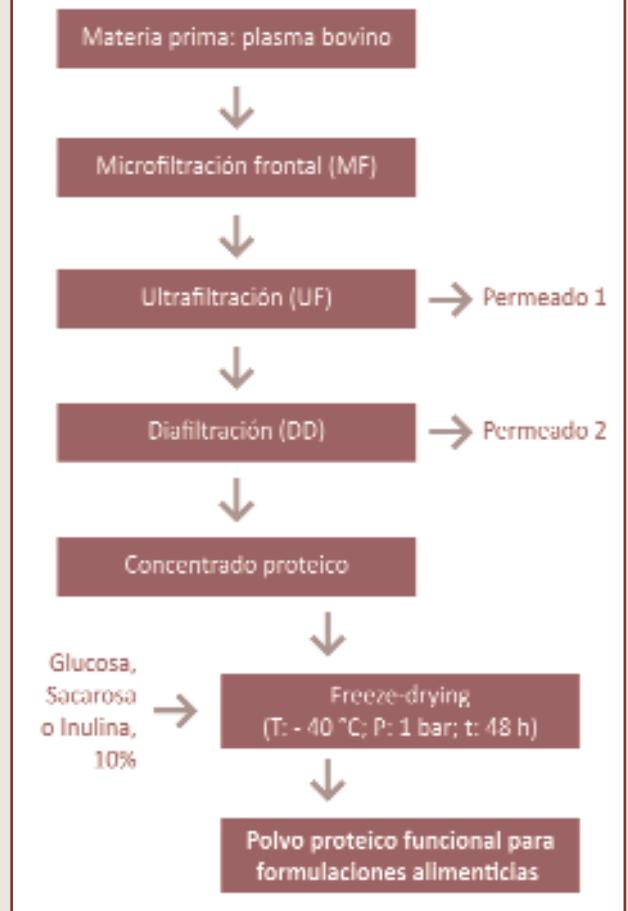
## Resultados. Interpretación

### a- Concentración por membranas y propiedades funcionales

El proceso de filtración con membrana seguido por una diafiltración reduce el contenido salino como se muestra en la figura 2. El proceso produce una desmineralización del  $47.5 \pm 0.5\%$ , obteniendo un producto apto para formulaciones alimenticias, especialmente para dietas, pacientes hipertensos o renales. Además se retienen macromoléculas insolubles e impurezas que reducen sensiblemente la calidad funcional y sensorial del producto. Los concentrados proteicos obtenidos por ultra y diafiltración fueron liofilizados empleando diferentes agentes protectores: sacarosa, glucosa e inulina, todos al 10% (p/v) ya que se comprobó que esta concentración fue más efectiva. Empleando metodologías establecidas para el análisis de soluciones de proteínas, se realizó la determinación del contenido de proteínas desnaturadas después del proceso de liofilización. Los resultados se muestran en la figura 3.

Además se realizó un estudio de las propiedades funcionales de los concentrados proteicos, entendiendo como propiedad funcional toda propiedad no nutricional que influencia la utilidad tecnológica de un ingrediente en un alimento. La mayor parte de las propiedades funcionales influyen sobre el carácter sensorial

Figura 1 - Diagrama de flujo empleado para elaborar el concentrado proteico con propiedades funcionales

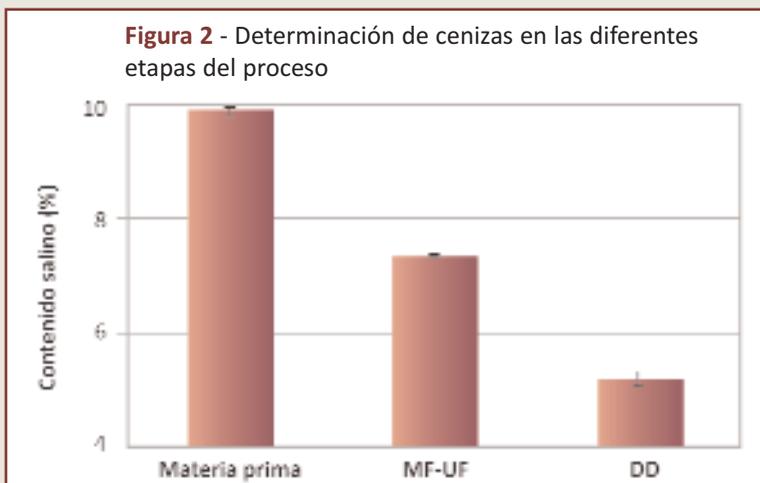


del alimento, pero también pueden tener un papel decisivo en el comportamiento físico de los alimentos (textura) o de los ingredientes alimenticios durante su preparación, transformación o almacenamiento. Los resultados se muestran en la tabla 1.

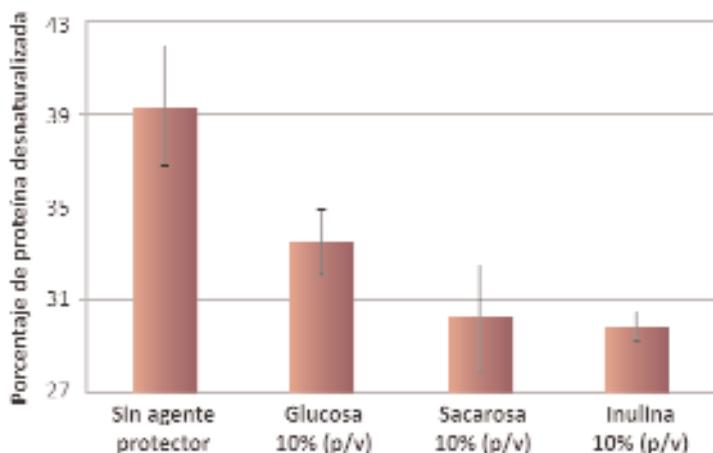
Estos resultados demuestran que las capacidades de retención de agua y de aceite se incrementan mediante el uso de los sacáridos, estas propiedades están vinculadas con una mayor de retención de humedad en los productos elaborados, mejorando el rendimiento y la textura de los mismos.

La formación y estabilidad de la emulsión es muy importante en los sistemas alimentarios, tales como aderezos para ensaladas, helados, productos de confitería o de carne, etc. Las emulsiones alimenticias son mezclas termodinámicamente inestables de dos líquidos inmiscibles (agua y aceite). Durante la formación de una emulsión las proteínas se absorben en la interfase entre fase aceite y la fase acuosa y aportan propiedades físicas y reológicas (espesamiento, viscosidad, elasticidad-rigidez) que determinan la resistencia a la coalescencia de la fase dispersa. Como se muestra en la tabla

Figura 2 - Determinación de cenizas en las diferentes etapas del proceso



**Figura 3** - Porcentaje de proteínas de plasma bovino desnaturalizadas luego del proceso de filtración y liofilización (Rodríguez Furlán *et al.*, 2010a)



1, los concentrados de proteína con sacáridos presentan mayor capacidad emulsionante que el concentrado de plasma sin protector. Este comportamiento puede explicarse por la presencia del sacárido, que disminuye la tensión superficial y por lo tanto la energía libre del sistema, dando estabilidad cinética a las dispersiones.

En la formación de espuma las moléculas de agua rodean el aire que es la fase no polar. Esta propiedad es importante en varios alimentos como merengues,

crema batida, pastas, helados, suflés, pan y espuma de cerveza. En la tabla 1, se muestra que la capacidad espumante disminuye en los concentrados con agente protector, esto se debe principalmente a una mayor estabilidad de la estructura de las proteínas en soluciones de azúcar. Debido a esto, la molécula de proteína es menos capaz de difundir a la interfase aire-agua para desplegarse y adsorberse en la interfase. En teoría, el carácter anfílico de las proteínas hace que éstas actúen en la interfase aire-agua evitando la coalescencia de las burbujas y así aumentan la estabilidad de las espumas. Los valores encontrados para el plasma con sacáridos duplicaron el obtenido para el mismo sin azúcar.

En todas las propiedades investigadas se comprobó que la adición de sacáridos mejora el comportamiento del concentrado proteico de plasma bovino, y en particular los mejores resultados fueron aquellos logrados empleando inulina como agente protector. Es importante destacar las ventajas que presenta este polisacárido natural producido por muchos tipos de plantas. Este compuesto es una fibra soluble, categorizado como prebiótico, por lo que actúa fomentando el crecimiento de las bacterias intestinales. Además aumenta la absorción de calcio. La inulina tiene un impacto mínimo en el azúcar en la sangre y a diferencia de la fructosa, no es insulinémico y no aumenta los triglicéridos, por lo que generalmente se considera apto para diabéticos (Nazzaro *et al*, 2009). Se puede observar la disminución en el contenido de cenizas por el tratamiento aplicado.

El modelo de degradación cinética en el tiempo, empleado para predecir la pérdida de proteína nativa en el concentrado, fue el siguiente (Labuza y col., 1982):

**Tabla 2.** Predicción de la vida útil del producto en meses en función de la disminución del porcentaje de proteínas nativas disponibles

Temperatura de almacenamiento (°C)	PBP	PBP+ Sacarosa	PBP+ Inulina
2	11	9	14.5
15	6	5	8
20	5	4	6
30	3	2.5	4
50	1.5	1	2

$$-\frac{d[F]}{dt} = k[F]^n$$

**Tabla 1.** Propiedades Funcionales del plasma bovino procesado (PBP) con y sin agentes protectores (Rodríguez Furlán, *et al.*, 2010 a, b y 2011a)

Propiedades	PBP	PBP+Sacarosa	PBP+Inulina
Contenido de proteína (% p/p)	73.7 ± 0.6	27.8 ± 0.4	29.8 ± 0.9
Capacidad de retención de agua (mL de agua /g de producto)	5.21 ± 0.08	7.31 ± 0.03	8.26 ± 0.06
Capacidad de retención de grasa (mL de aceite/ g de producto)	2.2 ± 0.2	2.4 ± 0.1	2.7 ± 0.1
Capacidad emulsionante (mL de aceite/ g de producto)	289 ± 7.8	445 ± 5	500 ± 9
Capacidad espumante (mL/mL)	1.83 ± 0.08	1.22 ± 0.02	1.63 ± 0.13
Estabilidad espumante (%)	21.7 ± 1.2	50.6 ± 0.4	53 ± 3
Cenizas (%) (p/p)	5.2 ± 0.1	2.5 ± 0.1	2.8 ± 0.2

donde: [F] = factor de calidad (concentración de proteína nativa); k = constante de velocidad de degradación; n = orden de reacción

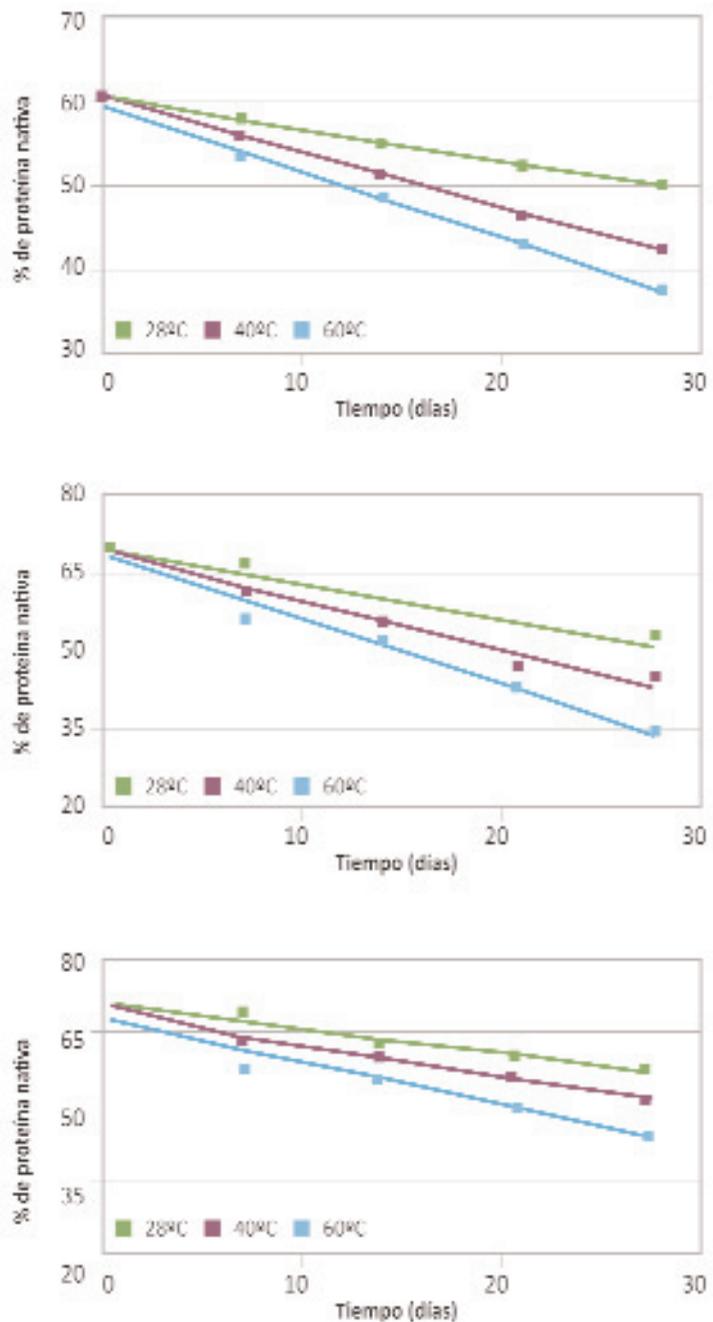
En la figura 4 se muestra la variación con el tiempo del indicador de calidad. Como es de esperar, a medida que aumenta la temperatura disminuye la estabilidad. A 28°C, después de un mes, la proteína protegida con inulina tiene aún un 60% de proteína nativa, mientras que con sacarosa este contenido fue del 50% (Rodríguez Furlan y col., 2010a).

Los estudios confirmaron que la inulina ejerce un efecto protector sobre las proteínas de plasma bovino y que además posee mayores propiedades de estabilización que la sacarosa en la prevención de la desnaturalización proteica. Para el concentrado de plasma bovino que utilizaba como agente protector inulina se determinó un máximo tiempo de almacenamiento de 14 meses a 2°C, como se muestra en la tabla 2.

La capacidad estabilizante y protectora de los sacáridos sobre las proteínas de plasma se evaluó además mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) y microscopía electrónica de barrido (SEM). Se estudiaron las propiedades térmicas de las proteínas, como la temperatura de transición vítrea de la solución ( $T_g'$ ) el cual es un parámetro importante en el desarrollo de un ciclo de liofilización; la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) y la temperatura de desnaturalización proteica ( $T_d$ ), que brindan información sobre la estabilidad del producto liofilizado durante el almacenamiento. Los valores obtenidos de  $T_g$  y  $T_d$  a partir de estos estudios mostraron un orden creciente con respecto al peso molecular de los sacáridos: glucosa ( $T_g=41,5\pm 0,3^\circ\text{C}$ ;  $T_d=107,3\pm 0,8^\circ\text{C}$ ) < sacarosa ( $T_g=52,5\pm 0,5^\circ\text{C}$ ;  $T_d=144,9\pm 2,3^\circ\text{C}$ ) < inulina ( $T_g=66,2\pm 0,7^\circ\text{C}$ ;  $T_d=156,2\pm 1,1^\circ\text{C}$ ). Mayores al valor encontrado para el plasma bovino sin agente protector  $T_d=88.19\pm 1.87^\circ\text{C}$ .

Un elevado valor de  $T_g$  provee una mayor estabilidad de la estructura vítrea, desplazando el proceso de devitrificación a mayores temperaturas y permitiendo temperaturas de almacenamiento más elevado. Un mayor valor de  $T_d$  implica una mayor estabilidad de las proteínas a elevadas temperaturas, obteniéndose una menor desnaturalización proteica durante procesos de calentamiento. Por lo tanto, el polisacárido inulina al 10% (p/v), con respecto al mono y disacárido, brinda una mayor estabilidad durante el almacenamiento de la proteína liofilizada aumentando su tiempo de vida útil. Los valores encontrados para  $T_g'$  medio tuvieron una tendencia similar en función del peso molecular: glu-

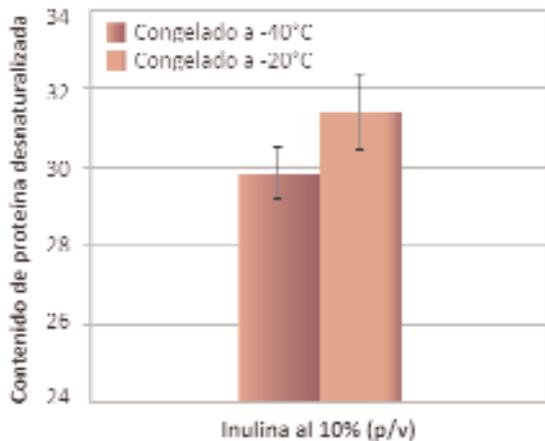
**Figura 4** - Contenido de proteína nativa a diferentes temperaturas de almacenamiento: (a) sin agente protector; (b) con sacarosa al 10% (p/v); (c) con inulina al 10% (p/v)



cosa ( $T_g'=-50,5\pm 0,6^\circ\text{C}$ ) < sacarosa ( $T_g'=-41,0\pm 0,8^\circ\text{C}$ ) < inulina ( $T_g'=-23,7\pm 0,5^\circ\text{C}$ ). El mayor valor de  $T_g'$  encontrado para plasma bovino protegido con inulina permite mayores temperaturas de congelamiento durante el proceso de liofilización reduciendo los costos de producción (Rodríguez Furlán, et al., 2011b).

Sobre la base de estos datos se concentró el plasma bovino y se liofilizó utilizando como agente protector inulina, pero congelando a  $-20^\circ\text{C}$ , y se comparó con el concentrado obtenido al liofilizar a  $-40^\circ\text{C}$ . Como se observa en la figura 5, este cambio en el procesado no afectó el porcentaje de proteína nativa presente en el pro-

**Figura 5** - Comparación del contenido de proteína desnaturalizada utilizando inulina al 10% (p/v) a diferentes temperaturas de congelamiento



ducto, demostrando ser una manera viable de procesar las proteínas de plasma con un menor gasto energético.

El estudio por microscopía electrónica (Figura 6) corroboró los resultados obtenidos previamente, ya que en las micrografías se observó una distribución y tamaño homogéneo de las fases, lo que indica la miscibilidad de los componentes de la matriz proteína-polisacárido. Por lo tanto, de acuerdo con el concepto de miscibilidad, que está representado por la variación del comportamiento térmico con respecto a los materiales individuales (Mousavioun y col., 2010), se obtuvo este aumento en las variables termodinámicas ( $T_d$ ) con el agregado de los polisacáridos, debido a la integración o miscibilidad de los componentes de las mezclas (Gallego y col., 2006). El aspecto de la muestra de proteínas de plasma procedas PBP, es quebradizo, bastante diferente de las muestras con agente protector.

Se realizaron diferentes aplicaciones de este producto en formulaciones alimenticias, entre ellas se fabricó picadillo de carne reducido en grasas conteniendo PBP+ Inulina. Se practicaron formulaciones reducidas en grasa con diferentes concentraciones de proteínas de plasma e inulina y se lo comparó frente a picadillo de carne no reducido en grasa (control). Se realizaron análisis de textura y sensorial donde se evaluó sabor, color, olor y consistencia. No se observaron cambios en las propiedades sensoriales al comparar el picadillo de carne

reducido en grasas con el control, excepto en la consistencia. Los análisis de textura indicaron que la formulación empleada como reemplazante de grasa permitió asimilar las propiedades de textura presentes en el control (Figura 7). Por lo tanto, los resultados demostraron que el concentrado proteico con inulina puede ser utilizado exitosamente para mejorar las cualidades sensoriales del picadillo de carne reducido en grasas, generando un alimento funcional (Rodríguez Furlán y col., 2010b).

### Conclusiones

Por medio de una concentración por UF seguida de diafiltración se obtuvo un concentrado proteico a partir de plasma bovino, el cual fue secado por liofilización utilizando diferentes sacáridos. El producto presenta un porcentaje de proteínas desnaturalizadas reducido, con una mayor estabilidad de almacenamiento que la materia prima. Además, presentó propiedades funcionales mejoradas. Entre los sacáridos estudiados, las proteínas de plasma bovino combinadas con inulina presentaron mejores propiedades. Este concentrado proteico con inulina se incorporó en la formulación de picadillo de carne reducido en grasas.

Se logró imitar las propiedades del producto no reducido en grasas con una gran aceptación por parte del panel de evaluadores.

Los resultados indicaron que el concentrado obtenido es viable como alternativa frente a otras fuentes proteicas tradicionales para su utilización en formulaciones alimenticias, mejorando las propiedades sensoriales, texturales, funcionales y nutricionales.

### Referencias

Cheftel, J.C., J.L. Cuq and D. Lorient, (1989) Proteínas alimentarias. Acribia SA, España.  
 Del Hoyo, P., Moure, F., Rendueles, M., Díaz, M. Meat Science 76 (2007) 402-410.  
 Gallego, K., López, B. L. & Gartner, C. Revista Facultad de Ingeniería, 37(2006) 59-70.  
 Labuza, T.P., • Riboh, D. Food Technology, 36(10) (1982) 66-74.  
 Mousavioun, P., Doherty, W. & George, G. Industrial Crops and Products, 32(3), (2010) 656-661.  
 Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., Sada, A., & Pierangelo, O. Journal of Functional Foods, 1 (2009) 319-323.  
 Rodríguez Furlán, L., Rinaldoni, A., Pérez Padilla, A. & Campderrós, M. American Journal of Food Technology, 6 ( 2011a) 717-729.  
 Rodríguez Furlán, L.; Lecot, J.; Pérez Padilla, A.; Campderrós, M. E.; Zaritzky, N. Journal of Food Engineering, 106 (2011b) 74-79.  
 Rodríguez Furlán, L., Pérez Padilla, A., • Campderrós, M. Advance Journal of Food Science and Technology, 2(5) (2010b) 256-267.  
 Rodríguez Furlán, L., Pérez Padilla, A & Campderrós, M. Food Research International 43 (2010a) 788-796.  
 Selar, G, La Industria Cárnica Latinoamericana, Publitec. 160 (2009) 48-50.

**Figura 6** - Micrografías SEM de los concentrados estudiados

