

# ESTUDIOS DE ALGUNOS FACTORES QUE AFECTAN LA PROPIEDAD DE GELACIÓN DEL PLASMA SANGUÍNEO ANIMAL

**Studies of some factors that affect gel formation properties of the animal blood plasma**

**Yasmina Barboza  
Lisbeth Rangel  
Anangelina Archile  
Pedro Izquierdo  
Enrique Márquez**

Unidad de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos  
Facultad de Ciencias Veterinarias. Apdo. 15252, Delicias 4003-A  
Universidad del Zulia. Maracaibo, Edo. Zulia, Venezuela.

## RESUMEN

Debido a su contenido en proteínas de alto valor nutritivo, en los últimos años se ha popularizado la utilización del plasma sanguíneo de animales domésticos, principalmente bovino, en la formulación de alimentos (embutidos, panes, galletas, etc). El conocimiento de las propiedades funcionales, tales como gelificación de los plasmas es fundamental para su mejor utilización. El objetivo de este trabajo fue el de hacer un estudio comparativo de las propiedades de turbidez y gelificación de los plasmas de bovino, cerdo y ave a diferentes concentraciones de proteína, condiciones de temperatura y pH. Para ello los plasmas fueron separados por centrifugación de la sangre tratada con anticoagulante. A los plasmas se les determinó el contenido total de proteína, humedad y pH. Se diluyeron a una concentración proteica de 7.3% y 4.5%, se colocaron en refrigeración y congelación y se les determinó la temperatura de turbidez y gelificación. Los plasmas refrigerados se llevaron a pH 2, 4, 6, 8, 10 y 12 y se les determinó su capacidad de gelificación. Los resultados muestran que el contenido de proteína total de los plasmas de bovino y cerdo fue mayor que el contenido de proteína total del plasma de ave. La temperatura de turbidez no varió significativamente en plasmas de diferentes especies animales, tampoco varió con la concentración de proteínas totales ni con las condiciones de temperatura. La temperatura de gelificación fue la misma para los plasmas de cerdo y bovino pero no para el plasma de ave el cual no gelificó. La concentración de proteína no afecta la temperatura de gelificación. La temperatura de gelificación no fue afectada por

la refrigeración ni por la congelación. El pH óptimo para la formación del gel se encontró entre 6 y 10 para los plasmas de cerdo y bovino. Se concluye que la formación de geles depende de la especie animal, concentración de proteína y pH de los plasmas.

**Palabras claves:** Plasma, proteína, gelificación.

## ABSTRACT

Plasma from domestic animals, mainly bovine, has been frequently used in the formulation of foods such as sausage, bread, cookies, due to their high value protein content. To know about functional properties such as gelification of plasma is important for a better utilization of it. This work was undertaken to study the turbidity and gelation properties of bovine, pig and poultry plasma at different protein concentration, temperature conditions and pH. Plasma were separated from the anticoagulant treated blood by centrifugation. Protein, moisture and pH were determined to the plasmas. Plasmas were diluted to 7.3% and 4.5% protein concentration and were storage either at refrigeration or freeze temperature. Temperature of turbidity and gelation were determined. Refrigerated plasma were adjusted to pH 2,4,6,8,10 and 12. Results shown that protein content of the bovine and pig plasma was higher than the poultry plasma protein. The temperature of turbidity were not affected by type, protein concentration or temperature conditions. The temperature of gelation were same for pig and bovine plasma. Poultry plasma did not gel. Protein concentration did not affected temperature of gelification. Temperature conditions did not affect temperature of gelification. Optimum pH to the

formation of gel plasma was in the range of 6 to 10. It is concluded that the gel formation depend on species, protein concentration and plasma pH, but on temperature conditions.

**Key words:** Plasma, protein, gelation.

## INTRODUCCIÓN

El incremento continuo de la población en el mundo y la deficiencia de proteína en la nutrición humana determinan la crítica necesidad de producir alimentos a bajos costos y de alto valor nutritivo.

Actualmente el plasma de bovino se está utilizando en la formulación de productos cárnicos [14, 21]; en la formulación de una galleta proteica [1, 6, 13]; en la preparación de medios de cultivos para lactobacilos [3], etc.

El plasma sanguíneo constituye una fuente proteica importante. Estas proteínas presentan características favorables para su utilización en la industria de alimentos, como lo son: alto valor nutritivo [20, 22], capacidad y estabilidad de emulsificación [17, 19], su utilidad como agente espumante [11], capacidad de formar geles [7].

Muchos estudios han demostrado que la gelificación de las proteínas es una de sus propiedades funcionales más importante [5, 10, 12, 16]. Las reacciones de agregación al azar con desnaturalización, donde la interacción proteína-proteína predomina sobre la interacción proteína solvente, son definidas como coagulación y son dirigidas a la formación de coágulos duros. Cuando las moléculas desnaturalizadas forman una matriz ordenada en malla o red el proceso se define como gelación [8, 9]. Esta habilidad es de gran importancia en la preparación de ciertos tipos de alimentos, así tenemos por ejemplo, que en los productos cárnicos hay un aumento en el rendimiento, ya que el gel que se forma atrapa grasa y agua, los cuales son liberados de la matriz de las proteínas de la carne durante el tratamiento con calor [21].

La incorporación de la proteína plasmática dentro de un producto cárnico emulsificado puede inducir un aumento sustancial en el nivel y balance de aminoácidos esenciales [22]; por otro lado, además de ser utilizada en la elaboración de productos alimenticios puede ser empleada en la preparación de medios de cultivo [3].

Los estudios realizados hasta ahora se han basado principalmente en la gelificación de las proteínas del plasma sanguíneo de bovino. Por lo que se hace necesario el estudio del comportamiento del plasma sanguíneo de otras especies como cerdo y ave.

El objetivo de este trabajo fue medir el efecto de la concentración de proteína, de las condiciones de temperatura y del pH sobre la capacidad de gelificación de plasmas de bovino, cerdo y ave.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Toma de la muestra y obtención del plasma

Para la realización de este estudio se utilizó plasma sanguíneo de bovino, cerdo y ave.

La sangre fresca de bovino y cerdo, fue obtenida de un matadero de la localidad (Frigorífico Industrial Bolívar C.A), y la de ave, de la Empacadora de Occidente (NUTRICO). Todas fueron recolectadas en envases que contenían 100 ml de anticoagulante por litro de sangre. El anticoagulante utilizado fue el tripolifosfato de sodio al 1% para ave y al 2% para cerdo y bovino de acuerdo a Rangel y col. [17]. La sangre se separó en plasma y fracción de glóbulos rojos el mismo día por centrifugación a 2500 rpm durante 20 minutos. A los plasmas de las diferentes especies animales se les determinó el contenido de proteínas siguiendo el método Kjeldahl [2], el porcentaje de humedad mediante el método de secado en horno [2] y el pH utilizando un potenciómetro Metrohm 620 pH-Meter. Un buffer estándar de pH 7.0 fue utilizado para estandarizar el aparato.

### Determinación de la temperatura de turbidez y gelificación de los diferentes plasmas a diferentes condiciones de temperatura

Para determinar la temperatura de turbidez y gelificación, los plasmas se prepararon de la siguiente manera:

Los plasmas de cerdo y bovino fueron preparados a concentraciones de proteínas de 7.3% y 4.5%, utilizando agua destilada como agente dilutor. El plasma de ave se utilizó solamente a 4.5% de proteína, ya que ésta es su máxima concentración [17]. Los plasmas a las diferentes concentraciones de proteínas fueron divididos en dos porciones. Una porción fue colocada en refrigeración (4°C) y la otra en congelación (-16°C), durante 48 horas. Posteriormente, una vez que los plasmas alcanzaron temperatura ambiente se procedió a agregar 10 ml en tubos de ensayo y se colocaron en baño María a una temperatura constante de 90°C. Se midió la temperatura en que se evidenciaba la turbidez y la formación completa del gel.

### Efecto del pH sobre la formación de geles de los diferentes plasmas

Plasmas de cerdo y bovino con una concentración proteica de 7.3% y plasma de ave con una concentración proteica de 4.5% fueron ajustados a los siguientes pH: 2, 4, 6, 8, 10 y 12, utilizando NaOH o HCl 1N; 10 ml de cada una de las diferentes preparaciones fueron colocadas en tubos de ensayos con tapa y calentados en baño de vapor a 90°C hasta observar la formación de geles.

### Análisis estadístico

El diseño para comparar los plasmas de cerdo y bovino consistió en un arreglo factorial 2 x 2 x 2, siendo los factores

los siguientes: plasma a dos niveles (cerdo y bovino), concentración de proteína a dos niveles (4.5% y 7.3%) y condiciones de temperatura a dos niveles (refrigerado y congelado).

El efecto de las condiciones de temperatura sobre el plasma de ave se realizó mediante un análisis de varianza.

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el SAS PROC GLM [18]. Las comparaciones entre medias se realizaron utilizando el procedimiento de Duncan [4]. Diferencias fueron aceptadas a un nivel de probabilidad de 5%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la TABLA I se muestran los valores promedio de proteína, humedad y pH de los plasmas de las diferentes especies animales. El plasma de ave presenta un porcentaje de proteína (4.50), significativamente menor a los valores obtenidos para los plasmas de cerdo (7.30) y bovino (7.60). No se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre los valores proteicos de estos dos últimos tipos de plasmas.

En relación a los valores de humedad, se observa que el plasma de ave presentó el mayor ( $P < 0.05$ ) porcentaje (95.31), sin observarse diferencias significativas entre los plasmas de cerdo y bovino.

En cuanto al pH de los diferentes plasmas, se obtuvieron valores de 7.4 para ave, 7.6 para cerdo y 7.5 para bovino, no existió diferencia ( $P > 0.05$ ) entre ellos.

Los resultados demuestran que el plasma de ave contiene menos proteína y más humedad que los plasmas de cerdo y bovino, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Rangel y col. [17].

La TABLA II muestra los valores promedio de la temperatura de turbidez y gelificación en plasmas de cerdo y bovino a diferentes concentraciones de proteína y a diferentes condiciones de temperatura.

Los resultados muestran que en cuanto al tipo de plasma (cerdo o bovino), no existen diferencias significativas en los parámetros de temperatura de turbidez y gelificación atribuibles a la concentración de proteína, por lo que los resultados demuestran que la concentración de proteína utilizada no afecta la temperatura de turbidez y la gelificación.

En el proceso de gelificación, la concentración de proteínas en el plasma es importante, puesto que son éstas las encargadas de formar la red o malla que produce el coágulo, de esto se deduce que la concentración mínima de proteína requerida para la formación de un gel, es un criterio importante para estimar la habilidad de formación de gel de proteínas es-

TABLA I

### VALORES PROMEDIOS DE PROTEÍNA, pH Y HUMEDAD DE PLASMAS DE DIFERENTES ESPECIES

	Ave	Cerdo	Bovino
Proteína	4.50 <sup>a</sup>	7.30 <sup>b</sup>	7.60 <sup>b</sup>
Humedad	95.31 <sup>a</sup>	92.10 <sup>b</sup>	91.67 <sup>b</sup>
pH	7.4	7.6	7.5

<sup>a,b</sup> Medias en una misma fila que posean diferentes super índice difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

TABLA II

### VALORES PROMEDIO DE LA TEMPERATURA DE TURBIDEZ Y GELIFICACIÓN EN PLASMAS DE CERDO Y BOVINO A DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA Y CONDICIONES DE TEMPERATURA

Característica	Conc. proteica del plasma (%)				Condiciones de temperatura	
	Bovino		Cerdo		Refrig.	Congelado
	4.5	7.3	4.5	7.3		
Turbidez Temperatura (°C)	47.00	45.00	47.00	45.00	47.00	45.00
Gelificación Temperatura (°C)	74.00	70.00	72.00	72.00	72.00	71.00

pecíficas. La presencia de una alta concentración de proteína lleva a la obtención de un producto fuerte y de una gelificación más rápida [15].

Los resultados obtenidos demuestran también que las condiciones de temperatura utilizadas no afectan ( $P > 0.05$ ) la temperatura de turbidez ni la temperatura de gelificación, independientemente de los plasmas utilizados. El hecho de que no se hayan observado diferencias significativas entre el plasma refrigerado y el congelado, muestra que la temperatura de congelamiento utilizada ( $-16^{\circ}\text{C}$ ), no fue lo suficientemente drástica como para afectar la propiedad de gelificación de las proteínas del plasma. Estos resultados son de gran utilidad ya que indican la posibilidad de conservar el plasma a temperatura de congelación, evitando la proliferación de microorganismos sin alterar su propiedad de gelificación.

La TABLA III contiene los valores promedio de la temperatura de turbidez y gelificación del plasma de ave refrigerado y congelado. No se encontraron diferencias significativas en la temperatura de turbidez debido a las condiciones de temperatura. Es importante mencionar, que el plasma de ave a diferencia de los de cerdo y bovino, no gelificó; sin embargo, su temperatura de turbidez fue similar a la obtenida con los plasmas de bovino y cerdo a una misma concentración proteica (4.5%). El comportamiento diferente del plasma de ave comparado con cerdo y bovino, indica que el tipo de plasma usado es tan

importante como la cantidad de proteína total del mismo para explicar la gelificación.

La TABLA IV presenta los resultados del efecto del pH en la formación de geles en plasma de diferentes especies. Se observa que para los plasmas de bovino y cerdo, los pHs óptimos para la formación de gel están entre 6 y 10; para el plasma de ave no se observó formación de gel a ningún pH, formándose sólo agregados a pH 4 y 6 manteniéndose en su mayor proporción como líquido, lo que indica que la capacidad de retención de agua es menor que la de los plasmas de cerdo y bovino. Por otra parte, se observa que a pH extremos, tales como 2 (muy ácido) y 12 (muy básico), todos los plasmas permanecieron en estado líquido.

El cambio de pH modifica la conformación de las proteínas de manera que algunos pH favorecen las interacciones que pueden provocar la gelificación, mientras que otros las desfavorecen [15]. La concentración de proteína y el tipo de plasma usado son importantes para explicar la propiedad de gelificación. Owen [15], señala que la atracción proteica intermolecular toma lugar más rápidamente a una concentración alta de proteína, debido a la mayor probabilidad de contacto intermolecular.

De estos resultados se deduce que el pH produce cambios significativos en el comportamiento de los plasmas. El conocimiento de estos cambios es importante para la industria de

TABLA III

### VALORES PROMEDIO DE LA TEMPERATURA DE TURBIDEZ Y GELIFICACIÓN DEL PLASMA DE AVE DEBIDO A LAS CONDICIONES DE TEMPERATURA

Características	Condiciones del plasma	
	Refrigerado	Congelado
Temp. Turbidez ( $^{\circ}\text{C}$ )	49.00	47.00
Temp. Gelificación ( $^{\circ}\text{C}$ )	X	X

X= Significa que no gelificó.

TABLA IV

### EFFECTO DEL pH EN LA FORMACIÓN DE GELES EN PLASMA DE DIFERENTES ESPECIES

Tipo de plasma*	Cambio visual					
	pH2	pH4	pH6	pH8	pH10	pH12
Bovino	Sol. espesa lechosa	Agregados	Gel	Gel	Gel	Solución
Cerdo	Sol. espesa lechosa	Agregados	Gel	Gel	Gel	Solución
Ave	Solución turbia	Agreg. una parte líquida	Agreg. una parte líquida	Sol. turbia	Sol. clara	Sol. clara

\* La concentración de proteína de los plasmas fue la siguiente: bovino 7.3, cerdo 7.3 y ave 4.5.

los alimentos, ya que permite predecir el comportamiento del plasma en la formulación de diferentes alimentos donde puede ser utilizado. Los resultados obtenidos indican que diferentes pH y tipos de plasmas pudieran ser utilizados con igual eficiencia.

Este estudio muestra que la formación de geles a partir de plasmas de diferentes especies animales depende de factores tales como: pH, concentración de proteína y tipo de plasma utilizado; por lo tanto, se puede inferir que la termocoagulación de los plasmas puede ser prevenida con cambios de pH y dilución de la concentración de proteínas.

### AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES) por el financiamiento de este trabajo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alizo, M. y Márquez, E. Estudios sobre las formas de presentación de una galleta nutritiva a base de proteína de plasma sanguíneo de bovino para niños de edad escolar. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 4: 143-146. 1994.
- [2] "Assoc. Official Analytical Chemist (AOAC). *Official Methods of Analysis*. Washington, D.C. 854 pp. 1990.
- [3] Barboza, Y., Márquez, E., Arias, B., Faría, J. y Castejón O. Utilización de Plasma Sanguíneo de Bovino como Fuente Proteica en la Formulación de un Medio de Cultivo para Lactobacilos. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 4:55-59. 1994.
- [4] Duncan, D.B. Multiple Range and F Test. *Biometrics* 11:1-42.1985.
- [5] Eunice, L.C. Heat Induced Changes in the Protein of Whey Protein Concentrate. *J. of Food Sci.* 48:47-56. 1983.
- [6] Granadillo, V.; Cubillán, H.; Sánchez, J.; Tahán, J.; Márquez, E. y Romero, R. Three Pressurized Mineralization Procedures That Permit Subsequent Flame Atomic Spectrometric Determination of Ca, Fe, K, Mg and Zn in Bovine Blood Plasma-Containing Cookies and in Standard Reference Materials. *Analytica Chemical Acta* 16646: 2-8. 1995.
- [7] Hermansson, A. M. and Tornberg, E. Functional Properties of Some Protein Preparations from Blood. 22nd Meat Res Cong. Congress. Swedish Meat Res. Inst. Kavlinge Sweden. Vol. II: 2-8. 1976.
- [8] Hermansson, A.M. Physic-chemical Aspects of Soy Proteins Structure Formation. *J. Texture Stud.* 9:33-58. 1978.
- [9] Hermansson, A.M. Aggregation and Denaturation Involved in Gel Formation, in *Functionality and Protein Structure*. (A. Poor- El, ed.), Am. Chem. Soc.: 81-103. 1979.
- [10] Hickson, D.W.; Dill, C.W.; Morgan, D.A.; Suter, A. and Carpenter, L. A comparison of Heat-Induced Gel Strengths of bovine Plasma and Egg Albumen Proteins. *J. of Animal Sci.*51:69-73. 1980.
- [11] Khan, M.N.; Rooney, W. and Dill, C.W. Baking Properties of Plasma Protein Isolate. *J. Food Sci.* 44:274-277. 1979.
- [12] Kinsella, J.E. Functional Properties of Protein in Foods. *A Survey CRC. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 4:219. 1976.
- [13] Márquez, E.; Ferrer, O.; Torres, G. y Gómez O. Utilización del Plasma Sanguíneo de Bovino como Fuente Proteica en la Formulación de un Producto Tipo Hojuela Nutritiva. *Archivo Latinoamericano de Nutrición*. 44:72. 1994.
- [14] Márquez, E.; Izquierdo, P.; Arias, B. y Torres, G. Efecto de la adición de plasma sanguíneo de bovino sobre la estabilidad de la emulsión y contenido proteico de los productos cárnicos emulsificados. *Revista Fac. Agronomía. LUZ*. 12: 511-522. 1995.
- [15] Owen, R.F. Characteristics for Gel Formation and Gel Structure. *Food Chemistry*. Second Edition. Department of Food Sci. University of Wisconsin: 292-294. 1985.
- [16] PER-OLUF HEGG. Conditions for The Formation of Heat-Induced Gels of Some Globular Food Proteins. *J. Food Sci.* 47:1241-1244.1982.
- [17] Rangel, L.; Archile, A.; Castejón, O.; Izquierdo, P. y Márquez E. Utilización del Tripolifosfato de Sodio como Anticoagulante y su efecto sobre las Propiedades Emulsificantes del Plasma. *Revista Científica. FCV-LUZ*. 5(2):111-116. 1995.
- [18] SAS PROC GLM. "SAS User's Guide: Statistics". 5<sup>th</sup> Ed. SAS Institute. INC., Cary, NC. 1990
- [19] Saterlee, L.D.; Free, B. and Levin, E. Utilization of High Protein Tissue Powders as a Binder Extender in Meat Emulsions. *J. Food Sci.* 44:274. 1979.
- [20] Tybor, P.T.; Dill, C.W. and Landmamn, W. Functional Properties of Proteins Isolated from Bovine Blood by a Continuous Pilot Process. *J. of Food Sci.* 40:155-159. 1975.

[21] Wismer, J. P. Utilization of Animal Blood in Meat Products. Food Technology. 8:76-80. 1979.

[22] Young, C.R.; Lewies; R.W., Landmann, W.A. and Dill, C.W. Nutritive Value of Globin and Plasma Protein Fractions from Bovine Blood. Nutr. Rep. In Termat. 8:211. 1973.