

# Campos magnéticos, su influencia en las propiedades del huevo entero líquido

## *Magnetic fields, their influence on the properties of the whole egg liquid*

**Hernandez Estela<sup>1</sup>, Gelvez Victor M.<sup>2</sup>**

*1 Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Maestría en Ciencia y Tecnología de los alimentos, Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.*

Recibido 20 de Septiembre 2010; aceptado 30 de Octubre de 2010

### RESUMEN

---

Se estudió en el huevo entero líquido el efecto del tratamiento con campo magnético (CM) a 0,1147T a temperatura ambiente durante de 5 y 5+5min con un período de descanso de 5 min en mitad del tiempo aplicado, sobre la frescura, solubilidad, digestibilidad proteica y viscosidad. Los efectos se evaluaron en huevo comercial fresco de 1 a 3 días de postura. Los resultados obtenidos, evidenciaron que el CM tienen en el huevo entero líquido un efecto significativo ( $p \geq 0,05$ ) en las propiedades en la temperatura y tiempo de tratamiento estudiados; generando cambios en la solubilidad y digestibilidad proteica, viscosidad y en el comportamiento del fluido dejando de ser Newtoniano, igualmente disminuye la altura de haugh y mantiene la frescura inicial del huevo intacto durante los 15 días de almacenamiento a temperatura ambiente. Estos efectos positivos harían del CM una excelente alternativa para el mejoramiento y desarrollo de la industria alimenticia y específicamente de productos que requieran el mejoramiento de estas propiedades.

\*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: vmgelvez@unipamplona.edu.co

**Palabras clave:** campo magnético, digestibilidad, huevo, propiedades funcionales, viscosidad.

## ABSTRACT

---

*In the whole egg liquid was studied the effect of the treatment with magnetic field (MF) to 0.1147T at room temperature for 5 min and 5 +5 min with a rest period of 5 min in the half time applied to the freshness, solubility, protein digestibility and viscosity. The effects were evaluated in fresh commercial egg from 1-3 days of posture. The results obtained showed that the MF has a significant effect in the whole egg liquid ( $p \geq 0.05$ ) in the properties, temperature and the studied treatment time. The MF generated changes in the solubility and protein, digestibility, viscosity and the fluid performance ceasing to be Newtonian, equally the Haugh's height decreases and maintains the initial egg freshness intact during the 15 days of storage at environment temperature.*

*These positive effects would make of the MF an excellent alternative of improvement and development of the food industry and specifically of products that require the improvement of these properties.*

**Keywords:** magnetic field, digestibility, egg, functional properties, viscosity

## INTRODUCCIÓN

---

En Colombia la producción de huevo se viene mostrando un incremento vertiginoso desde el 2004, la producción pasó de 7.490 millones de unidades con 335.000 millones de ton a 9.038.295.157 millones de unidades con 542,298 millones de ton, en el 2008, lo cual representa un crecimiento del 20,6% y a su vez el consumo *per capita* para el mismo período pasó de 165 unid/año a 198 en el 2008, lo que representa un incremento del 11,86% (Ortega, 2006; FENAVI, 2005-2009).

El huevo es considerado el mejor alimento del mundo y el de mayor consumo; es una materia prima tradicional en muchos procesos alimenticios y tiene bajo costo, es accesible económicamente, puede contribuir a combatir la hambruna, la desnutrición y a elevar la calidad de vida.

La corriente eléctrica produce efectos magnéticos, lo cual fue demostrado en 1819, por el físico y químico danés Hans Christian Orsted. Los campos magnéticos (CM) son considerados como una herramienta importante para investigación de las propiedades magnéticas y electrónicas, desde el punto de vista microscópico y macroscópico; actualmente son empleados en la investigación de la materia para obtener información acerca de su estructura interior y de los estados de energía (Motokawa, 2004).

Akoyunglou (1964) reportó que la actividad enzimática de carboxidismutasa aumentó en presencia de CM, mientras que disminuyó tan pronto se retiró el CM. El efecto activante del CM es causado por un aumento en los puentes de hidrógeno y de la forma de la espiral de la columna polipéptica de la enzima.

---

Las soluciones acuosas de proteína tratadas con CM de 10T son sensibles al tiempo de exposición, mostrando un incremento en la viscosidad la que recobra su valor inicial después de cerrar la fuerza del campo magnético cuando se tratan por corto tiempo, debido posiblemente a la orientación magnética de pequeños cristales suspendidos en la solución; cuando son tratadas por largo tiempo éstas no son reversibles. Bajo CM de alta intensidad se puede afectar la estructura de la proteína, observando también una mejora en la calidad de los cristales y una disminución de la tasa de progresión de los mismos (Zhong y Wakayama, 2001).

Torbet *et al.* (1981) y Worcester (1978) reportan que el mecanismo de orientación de las macromoléculas se explica por un efecto de acoplamiento de un CM diamagnético con el *anisotrópico* de las moléculas de la solución de proteína. La orientación magnética ocurre en varias macromoléculas biológicas, organelos y células; la alineación de moléculas de la proteína se causa por el efecto diamagnético en la sucesión de moléculas de aminoácido anisotrópico del grupo péptico; encontrando un efecto significativo en el nucleación y el crecimiento de cristales de la proteína. El grado de orientación depende de la tasa de progresión del cristal, la geometría del recipiente y de la fuerza del CM (Yanagiya *et al.*, 1999).

Wakayama *et al.* (1996,1997) encontraron que la fuerza magnética en la proteína

del huevo, puede influir en la transmisión de microgravedad y flotación de los cristales de lisozima de la clara y la magnitud y dirección de la gravedad puede afectar el crecimiento del cristal, que en condiciones normales de gravedad cuando la fuerza del CM fluye en la misma dirección, el número de cristales se incrementa y cuando ésta es en dirección opuesta disminuyen aproximadamente en un 5% (Yanagiya *et al.*, 1999).

Sato *et al.*, (2000, 2001, 2001a), no encontraron cambios en la estructura de átomos de carbono de una solución proteica sometida a una fuerza de 10T, aunque si se observaron algunos cambios significativos ( $p \leq 0,05$ ) en la estructura flexible de la cadena lateral de los residuos de aminoácidos, en la superficie de las moléculas de lisozima y de arginina; mientras que Saijo *et al.* (2005) en la proteína del huevo de gallina, a 10T observaron cambios en la estructura, la formación y crecimiento de los cristales de lisozima fue alterada favorablemente, evidenciando una contribución al perfeccionamiento del cristal, a la estabilidad del ángulo diedro y al mejoramiento de la intensidad de difracción; notándose además, un crecimiento de 4 veces más en las muestras tratadas que en las no tratadas.

Dada la importancia de los CM y su posible uso en la industria el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar el efecto del tratamiento con campos magnéticos en las características físicas, químicas, reológicas del huevo líquido entero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la selección de las muestras se tomaron huevos de gallina entre 2 y 4 días de postura adquiridos en el mercado local de la ciudad de Pamplona.

### *Preparación de las muestras*

Los huevos usados para los ensayos fueron previamente higienizados en una solución al 70% de etanol posteriormente fueron secados al ambiente. Las muestras para cada ensayo se tomaron por el método aleatorio simple.

Seguidamente los huevos enteros se separaron de la cáscara y se mezclaron manualmente en un *beaker* (500 ml) hasta obtener una mezcla homogénea evitando la formación de espuma. Posteriormente se envasaron 50 ml de HEL en fundas de celulosa y se colocaron en bolsas plásticas previamente rotuladas y fueron empacaron al vacío (90%) (Gélvez, 2005). El total de las muestras requeridas para cada tipo de tratamiento fueron preparadas por separado antes de cada análisis en cantidad y temperatura según la metodología descrita para cada una de ellas.

### *Tratamientos*

*Tratamiento con campos magnéticos.* Para los ensayos se utilizó un equipo generador de campo magnético (*Scoli*, 6A N 240, R=1,8  $\Omega$  Ohmio), Radio 26,5 cm, con una intensidad constante de 0,1147 T, los tratamientos se realizaron a temperatura ambiente, entre 16 $\pm$ 2°C aproximadamente, con una permanencia de tiempo de 5 y (5+5+5min), donde en éste último se aplicaron en dos períodos de tiempo de 5 min dejando un intervalo de descanso de 5min en la mitad del proceso.

### *Análisis*

Se determinó el efecto sobre la frescura, en características químicas y la viscosidad. Se realizaron en la muestra sin tratar y en la muestra tratada, los siguientes análisis.

*Determinación del efecto sobre la frescura.* Por espectrofotometría siguiendo la metodología propuesta por Liu, *et al.* (2007).

*Efecto sobre las características químicas.* Se realizaron los siguientes análisis.

*pH.* Midiendo el valor del pH para cada una de las muestras antes y después del tratamiento de US y CM, siguiendo la metodología de la AOAC (1990).

*Solubilidad de las proteínas.* Siguiendo la metodología propuesta Hsu y Ko (2001).

*Digestibilidad. (in Vitro)* con pepsina, determinando el coeficiente de digestibilidad; el contenido de proteína se midió por la técnica de digestibilidad *in vitro* con pepsina siguiendo la metodología descrita por Galarza, *et al.*, (2002).

*Viscosidad.* Se evaluó empleando un viscosímetro *Brookfield* modelo DV-E Versión 4 para fluidos de viscosidad media DV- III siguiendo la metodología empleada por Ferreira y Del Mastro (1998).

### *Análisis estadístico*

Los datos obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico SPSS (v. 13 bajo Windows) utilizando análisis de varianza, (ANOVA) un factor, aplicando la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS), para observar diferencias significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre las medias de las muestras tratadas y sin tratar.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

### *Efecto sobre la frescura*

En el figura 1 se muestra el comportamiento de edad (frescura) del huevo tratado durante 15 días de almacenamiento a temperatura ambiente  $16\pm 2^{\circ}\text{C}$ , observando que todas las muestras tratadas con CM respecto del testigo, mostraron un decrecimiento significativo ( $p\leq 0,05$ ) en la edad. Al evaluar el comportamiento de los tratamientos con un nivel de significancia del 95%, se observa que la edad del huevo en los días 1 y 3 de almacenamiento no presentan diferencia significativa alguna; mientras que, en los días 6, 9, 12 y 15, la edad es significativamente menor que el testigo en un 82, 98, 106 y 99% respectivamente, presentando además un comportamiento significativamente diferente entre sí, notando que T2 al día 15 registró la menor edad (0,1 día), lo que equivale a una edad de 0 días, mientras que T1 registró una edad de 2,4 días, indicando que el CM ejerce un efecto positivo en la frescura del huevo, retardando la pérdida de la altura de la albúmina la cual pasa de 92,7 a 93,96 conservando la frescura inicial durante 15 días de almacenamiento y que el incremento de la frescura depende directamente del tiempo de tratamiento.

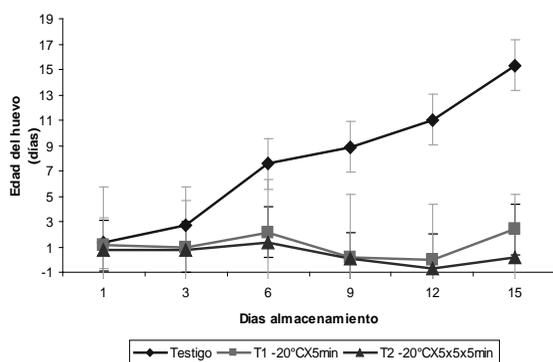


Figura 1. Comportamiento de la edad del huevo durante 15 días de almacenamiento antes y después del tratamiento con campos magnéticos

Esta reducción en la edad del huevo después del tratamiento con CM, se atribuye al efecto del fenómeno denominado “resonancia del ciclotrón”, el cual genera cambios en la estructura de los alimentos (Liboff, 1985; Pothakamury *et al.*, 1993a; Goldsworthy *et al.*, 1999) y provoca la rotura de los enlaces covalentes en moléculas con dipolos magnéticos (Herrero y Romero de Avila, 2006).

De otra parte esta reducción en la edad, además del efecto del CM, se ve favorecida por el descenso en el pH presentado por el huevo tratado y al correlacionar el valor del pH reportado para cada tratamiento, se observa una fuerte relación en el día 9, 12 y 15 para todos los tratamientos con un nivel de significancia del 99%; hecho que es considerado como un factor reductor de la pérdida de frescura en el huevo durante el almacenamiento, pues según reportó Thapon (1994) el incremento del pH afecta la frescura debido a que ésta está asociado a la proteólisis de la ovomucina, a la pérdida de altura de la albúmina; por esta razón se considera que el descenso del pH coadyuvó a mantener la frescura inicial del huevo durante 15 días de almacenamiento a temperatura ambiente de  $16^{\circ}\text{C}\pm 2$  al huevo tratado.

### *Efecto sobre las características químicas*

#### *pH*

En la tabla 1, se muestran los resultados del pH del HEL registrados después de la aplicación del CM a temperatura ambiente, donde se evidenció una disminución estadística significativa ( $p\leq 0,05$ ) en el pH respecto del testigo, pero no entre los tratamientos aplicados, registrándose en T2 el mayor descenso, siendo éste 2,9% más bajo que el testigo, notándose que éste descenso es directamente proporcional al tiempo de exposición a la onda magnética.

La reducción del valor del pH después del tratamiento, se atribuye al efecto del CM sobre la molécula de agua libre contenida en el HEL, dado que cuando el agua fluye en presencia de un campo magnético con una densidad de flujo y velocidad determinados, surgen cambios en diferentes parámetros entre ellos el pH (Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), 1997; Peire, 1993). Además cuando el agua es magnetizada se modifica la polaridad de los átomos de la célula, especialmente los de hidrógeno, que tienen un protón (positivo) y un electrón (negativo), lo que modifica el eje de rotación y la órbita del electrón cambiando su polaridad (Davis y Rawls, 1979; Alfonso *et al.*, 2009); sin embargo, Chibowski *et al.* (2005) no evidenciaron cambios en el pH cuando estudiaron el efecto del campo magnético (0.1 T) en soluciones de  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Tabla 1

Efecto del Campo magnético en el pH del huevo entero líquido

Tratamientos	pH
Testigo	8,48 ± 0,01 <sup>a</sup>
T1-T°CambX5min	8,28 ± 0,03 <sup>b</sup>
T2-T°CambX5min	8,25 ± 0,01 <sup>b</sup>
p- valor	0,05

$p \leq 0,05$  Diferencias Significativas. Letras iguales no existen diferencias significativas entre columnas.

### Solubilidad de las proteínas

Los cambios en la solubilidad de la proteína contenida en el HEL después del tratamiento con CM, se muestran en la figura 2, donde se observa que solamente en T2 ( $T^\circ\text{amb}/5+5+5\text{min}$ ) presentó incremento significativo ( $p \leq 0,05$ ) del 32,62% con el testigo a pesar que T1 estuvo por debajo 6,5 % de éste. Al comparar los tratamientos entre sí, se observó un decrecimiento significativo de 24.3% de T1 respecto de T2, notando que

el incremento de la solubilidad de la proteína del huevo tratado con CM a temperatura ambiente, es directamente proporcional al incremento del tiempo de tratamiento.

El comportamiento de la solubilidad de la proteína registrado en el HEL tratado por 5min (T1), se asemejan a los reportado por Arrese *et al.* (1991) y Cheftel *et al.* (1989) quienes encontraron que las proteínas del huevo (albúmina) cuando fueron sometidas a CM durante 5 min, siguieron el comportamiento general de las proteínas en las que su desnaturalización va acompañada de un descenso en la solubilidad, debido a la exposición de los grupos hidrófobos hacia la fase acuosa y a la agregación de las moléculas proteicas desplegadas mediante interacciones hidrofóbicas en el tiempo, lo que conduce a un despliegue de la cadena polipeptídica, a la presencia de interacciones proteína-proteína lo que dificulta su solubilidad.

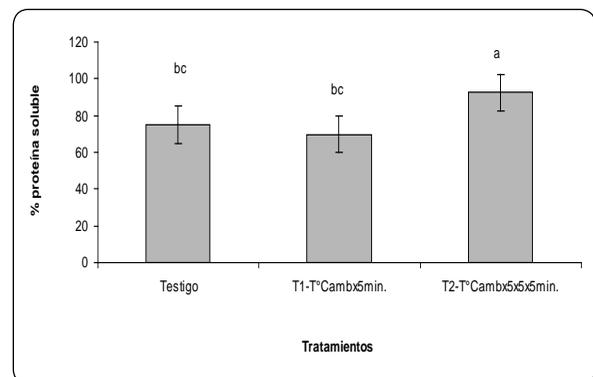


Figura 2. Porcentaje de solubilidad de la proteína del HEL tratado con CM.  $p \leq 0,05$  Diferencias Significativas. Letras iguales no existen diferencias significativas entre columnas.

Mientras que el mejoramiento en el porcentaje de solubilidad de la proteína presentado en el tratamiento T2, podría atribuirse a varios aspectos, entre ellos al hecho de que el CM promueve la orientación magnética de proteínas, lo que produce un cambio espacial en la estructura de la misma y a los cambios

que genera en la polaridad del agua y conociendo que el HEL contiene agua libre y que cuando ésta fluye en presencia de un campo magnético se generan cambios en el pH, en la tensión superficial, solubilidad factores que afectan la solubilidad de las proteínas (Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), 1997; Peire, 1993); de otra parte, el agua cuando es magnetizada modifica la polaridad de los átomos lo que puede provocar cambios en el punto isoeléctrico del HEL, el cual está relacionado con la modificación de la carga neta de las proteínas y por lo tanto con su balance electrostático y de este modo las fuerzas repulsivas pueden incrementar las fuerzas de atracción aumentando la solubilidad (Abugoch, 2006).

### **Digestibilidad**

En el figura 3, se presentan los resultados del efecto del campo magnético sobre la digestión *in vitro* con pepsina de la proteína contenida en el HEL, donde se evidencia un decrecimiento significativo del 39% con el testigo en la muestra tratada por 5 min, sin que se observe significancia alguna cuando se aumenta el tiempo de tratamiento a (5+5+5min); notando que el incremento el tiempo de tratamiento con el CM incrementa 9,64% el coeficiente de digestibilidad evidenciando que a mayor tiempo de tratamiento menor es la reducción del coeficiente de digestión *in vitro* con *pepsina* de la proteína tratada con CM.

El decrecimiento presentado en el coeficiente de digestibilidad de la proteína *in vitro* con *pepsina*, puede estar siendo causado por los cambios generados por el campo magnético en las moléculas y estructura de los alimentos (Mezentsev V, 1991; Liboff, 1985; Pothakamury *et al.*, 1993a; Goldsworthy *et al.*, 1999) y a los cambios ocasionados en el

pH y en solubilidad de las proteínas (Peire, 1993).

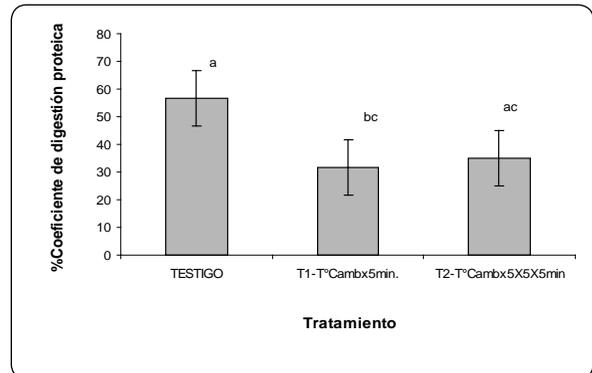


Figura 3. Efecto del Campo magnético en el coeficiente de digestibilidad con pepsina *in Vitro* de la proteína del huevo entero líquido.  $p \leq 0,05$ . Diferencias Significativas. Letras iguales no existen diferencias significativas entre columnas.

Mientras que el incremento en el coeficiente de digestibilidad observado en T2 al aumentar el tiempo de tratamiento en 5min con un tiempo de reposo de 5min en mitad del ensayo, pudo permitir la recuperación de algunas propiedades del HEL, entre ellas la digestibilidad, debido al fenómeno de memoria magnética, la cual consiste en que una vez cerrado el campo magnético las estructuras del alimento comienzan a regresar a su valor inicial, antes de volver a ser perturbadas, aunque si el fluido es tratado por largo tiempo con CM los efectos generados por éste en las propiedades del fluido no son reversibles (Higashitani *et al.*, 1992; Chibowski *et al.*, 2005).

### **Efecto sobre la viscosidad**

En el figura 4, se observa que valor en la viscosidad aparente del HEL tratado el cual presenta diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) con el testigo y entre tratamientos. El HEL sin tratar presentó un comportamiento típico de fluido Newtoniano, mientras que, cuando fue sometido a CM, su comportamiento mostró cierta inestabilidad aunque mantuvo su tendencia Newtoniana. Las muestras tra-

tadas presentaron una viscosidad aparente significativamente mayor, observando mayor incremento (24%) en los 5 primeros min y sin que se considere significativa la disminución observada de 28,52 % al aumentar el tiempo de tratamiento en 5 min, dejando ver que la viscosidad del HEL se ve afectada desde los primeros 5 min, donde su incremento y estabilidad dependen inversamente del tiempo de tratamiento, notando también que cuando se amplió el tiempo en 5min, dejando un reposo de tiempo igual en mitad del tratamiento la deformación registrada en la curva es menor mostrando una marcada tendencia de una recta típica Newtoniana, el cual puede ser explicado por el fenómeno denominado memoria magnética después de cerrar la fuerza del campo magnético los cambios provocados solo permanecen en el tiempo unas horas después de terminada la exposición, regresando luego el sistema a las propiedades originales (Higashitani *et al.*, 1992; Chibowski *et al.*, 2005). El incremento observado en la viscosidad aparente coincide con lo publicado por Barbosa - Canovas *et al.*, (1998a) y Chengwen y Nobuko (2001) quienes observaron en soluciones acuosas de proteína tratadas con 10T un aumento significativo en la coagulación de éstos sistemas coloidales, por lo que se aumentada la viscosidad del fluido.

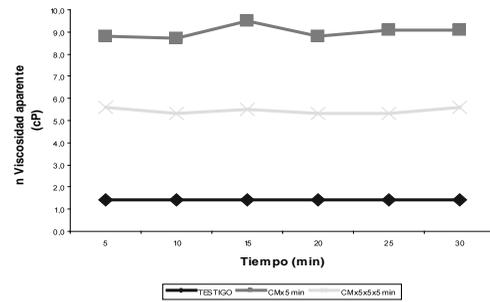


Figura 4. Comportamiento de la viscosidad del HEL antes y después del tratamiento con CM, frente al tiempo

Al estudiar el comportamiento del HEL tratado con CM, se relacionaron separadamente la velocidad de deformación (razón de corte) con el esfuerzo cortante y de otra parte la velocidad de deformación con relación a los diferentes rangos de velocidad angulares (ascendente y descendente), El fluido mostró un comportamiento significativamente diferente dependiendo del tiempo de tratamiento, pasando de ser Newtoniano para ser un fluido no Newtoniano; él cual después de 5min inicialmente se comporta como pseudoplástico y finalmente como reopéctico; pero cuando se aumenta el tiempo de tratamiento en 5+5+5min la viscosidad desciende y el fluido se comporta como un fluido pseudoplástico con tendencia a recuperar su comportamiento inicial de fluido newtoniano, como se muestra en reogramas presentados en las figuras 5 - 6.

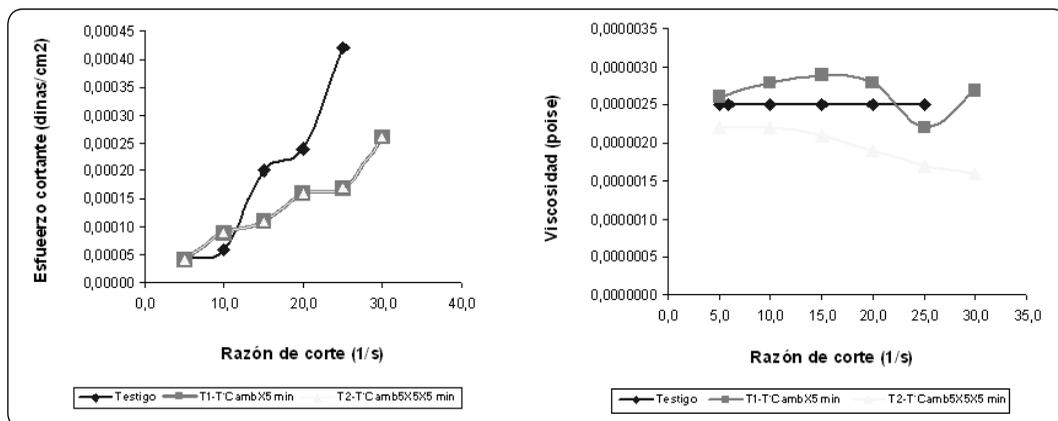


Figura 5. Relación del esfuerzo cortante con la razón de corte en el HEL tratado con campo magnético

Figura 6. Relación de viscosidad con la razón de corte en el HEL tratado con campos magnéticos

Los resultados observados en T1, fueron similares a los reportados por McClements (1999); Risch y Reineccius (1988) y Rosenberg *et al.* (1990), en las soluciones acuosas

de proteína de yema tratadas con CM de 10T, las cuales mostraron incremento en la viscosidad, siendo ésta inversamente proporcional al tiempo de exposición.

## CONCLUSIONES

Frescura en el huevo entero intacto después de la aplicación del campo magnético incrementa la altura de la albúmina, la altura de *haugh* pasando de 92,7 del primer día a 93,96 manteniéndose estable en todos los tratamientos durante 15 días de almacenamiento a

temperatura ambiente ( $16^{\circ}\text{C}\pm 2$ ), exhibiendo una edad promedio del 96%, por debajo de la edad inicial, sin que la edad del huevo tratado dependa directamente del tiempo de exposición. Conservando la frescura inicial durante 15 días de almacenamiento 0,9 días.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L.E. (2006). Relación Estructura-Funcionalidad de Glutelinas y Aislados Proteicos de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*). Tesis doctoral, facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.
- AOAC. (1990). Official Methods Analysis. Ed Association of Official Analytical Chemistry. 15th Ed, Arlington, Virginia-USA. p. 931-935.
- Arrese, E; Sorgentini, D; Wagner, J; Añón, M. (1991). Electrophoretic, solubility And functional properties of commercial soy protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 39(6). p. 1029-1032.
- Barbosa-Cánovas, G.V; Gongora-Nieto, M.M; Swanson, B.G. (1998a). Nonthermal electrical methods in food preservation. *Food Sci. Int.* 4 (5).p. 363-370.
- Barbosa-Canovas, G.V; Pothakamurand, U.R; Palou, E; Swanson, B.G. (1998b). En: Nonthermal Preservation of Foods. (Marcel Dekker), p.226. New York, citado por Ross, *et al.* Combining nonthermal technologies to control. foodborne microorganisms. *International Journal of Food Microbiology* (89). 2003. p. 125-138
- Barbosa-Cánovas, G; Gould, G. (2000). Innovations in food processing. Lancaster, PA: *Technomic Publishing*. p. 65- 77.
- Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA). (1997). El tratamiento magnético del agua en sistemas industriales. Universidad de Oriente. Sede Julio Antonio Mella. Cuba. Citado por Alonso Insua, Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. *Redvet. Revista electrónica de Veterinaria*. ISSN: 1695-750 (10). 4. 2009. p.5.
- Cheftel, J.C; Cuq, J.L; Lorient, D. (1989) Proteínas del huevo (Eds) En: proteínas alimentarias. *Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España*. p. 49- 102-167-175.
- Chengwen, Z; Nobuko, W. (2001). Effect of a high magnetic field on the viscosity of an aqueous solution of protein. Citado por Ataka y Wakayama. Effects of magnetic field and magnetization force on protein crystal growth. Why does a magnetic improve the quality of son crystals. *Acta Cryst.* 2002. (58).p.1708-1710.
- Chibowski, E. (2005). Influence of Sodium Dodecyl Sulfate And Static Magnetic Field on the Properties of Freshly Precipitated Calcium Carbonate. *Langmuir*. (21).p. 8114-8122
- Davis; Rawls. (1979). *The Magnetic Blueprint of Life*. Exposition Press, New York. [Citado 2009 marzo 19] disponible en la Word wide Web <http://www.soloimanes.com/biomagnetismo.asp>.
- FENAVI (2005). Huevo 9.4%. *Revista avicultores* (125). p. 12 – 14
- FENAVI. (2009) Cálculos Observatorio Agrocalendas. [Citado 2009 marzo 23] disponible en Word Wide Web: [www.agrocalendas.gov.co](http://www.agrocalendas.gov.co) [agrocalendas@iica.int](mailto:agrocalendas@iica.int) 24
- Ferreira, L.F.S; Del Mastro, N.L. (1998). Rheological Changes in irradiated chicken eggs. *Radiat. Phys. Chem.* 52 (6). p. 59 -62.
- Galarza, B.C; Goanda, L.M; Cantera, C.S; Garro, M.L; Reinoso, E.H; López, L.M.I. (2002). Biotransformación fúngica del pelo vacuno. Aislamiento de hongos con actividad queratinolítica. Caracterización parcial de los extractos fúngicos crudos. *J. Tecnología del Cuero*. (47).p. 19-27.

- Gélvez, V. M. (2005). Elaboración de crema de huevo mediante alta presión e irradiación. *Tesis doctoral Universidad Autónoma de Barcelona*. p.59 – 67.
- Goldsworthy, A.W; Hitneand, H; Morris, E. (1999). Biological effects of phandsically conditioned water. *Water Res.* (33). p. 1618 - 1626.
- Herrero, A.M; Romero De Avila M.D. (2006). Innovaciones en el Procesado de Alimentos: Tecnologías no térmicas. *En: Revista Médica Universitaria Navarra. Vol. (50) No.4.* p. 71-74.
- Higashitan, K; Okuhara, K; Hatade, S. (1992). Effects of magnetic fields on stability of nonmagnetic ultrafine colloidal particles. *J. Coll. Interface Sci.* (152). p. 125 -131.
- Liboff, A; Williams, T; Strong, D; Wistair, R. (1984). Time varanding magnetic fields: Effect on DNA sythesis. *J. Science.* (223). p. 818 – 820.
- Liboff, A. (1985). Cyclotron resonance in membrane transport. *Schwann Series A: Life Sci.* (97). p. 281 - 296.
- Liu, A; Ouandangy, L. (2007). Measurement of internal quality in chicken eggs using visible transmittance spectroscopy technology. *Journal Food Control.* (18). p. 18 – 22.
- McClements, D.J. (1995). Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science and Technology.* 6. (9). p. 293 – 299.
- Mcclements, D.J. (1999). Food emulsions, principles, practice, and techniques, London: CRC Press. Citado por Guilmineau y Kulozik. Impact of a thermal treatment on the emulsifying properties of egg yolk. Part 1: Effect of the heating time. *Food Hydrocolloids* (20) 2006. p.1105–1113.
- Mezentsev, V. (1991). Enciclopedia de las Maravillas. 1ra ed. Moscú. Citado Alonso Insua. Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. ISSN: 1695-7504 (2009). (10). 4. p. 6.
- Motokawa, M. (2004). Physics in high magnetic fields. *Rep. Prog. Phys.* (67). p. 1995 – 2052.
- Ortega Sánchez De Tagle, J. (2006). La avicultura en el marco de la globalización II parte. *Tecnológica Avipecuaria* # 219. [Citado 2006 julio 5]. Disponible en la Word wide web: [http://www.midiatecavipec.com/autores.php?id\\_autor=70](http://www.midiatecavipec.com/autores.php?id_autor=70).
- Peire, F.J. (1993). El tratamiento magnético en el agua. *Técnica de laboratorio. Tomo XV.* 179. p. 114-116.
- Pothakamury, U; Barletta, B; Barbosa-Canovas, G.V; Swanson, B. (1993). Inactivación de microorganismos en alimentos usando campos magnéticos oscilantes. *Revista Española de Ciencia and Tecnología de Alimentos* (33). p. 479 – 489.
- Pothakamury, U; Barbosa-Canovas, G.V; Swanson, B. (1993a). Magnetic Fields Inactivation of Microorganisms and Generation of Biological Changes. *Food Technol.* (47). p. 85 - 93.
- Pothakamury, U; Barletta, B; Barbosa-Canovas, G.V; Swanson, B. (1993b). Inactivación de microorganismos en alimentos y campos magnéticos oscilantes. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* (33). p. 479 - 489.
- Risch, S.J; Reineccius, G.A. (1988). Spray-dried orange oil: effect of emulsion size on flavor retention and shelf stability. In flavor encapsulation; *ACS symposium series 370; Risch, S. J., Reineccius, G. A., Eds.; American Chemical Society: Washington, DC.* p. 67-77.
- Rosenberg, M; Kopelman, I.J; Talman, Y. (1990). Factors affecting gretention in spray -dranding microencapsulation of volatiles materials. *J. Agric. Food Chem.* (38). p. 1288-1294.
- Saijo, S; Andamada, Y; Sato, T; Tanaka, N; Matsui, T; Sazaki, G; Nakajima, K; Matssura, Y. (2005). Structural consequences of hen egg-white lysozime orthorhombic crystal growth in a high magnetic field calibration of X-ray diffraction intensity conformational energy searching and quantitative analysis of factors and mosaicity. *Acta Cryst.* (61). p. 207 – 217.
- Sato, T; Yamada, Y; Saijo, S; Hori, T; Hirose, R; Tanaka, N; *et al.*, (2000). Enhancement in the perfection of orthorhombic lysozyme crystals grown in a high magnetic field (10T). *Biological Crystallography, Acta Crystallography.* (56). Part 8.p. 1079.
- Sato, T; Sazaki, G; Katsuya, Y; Matsuura, J. (2001a). Corrected Abstracts in XVIIIth International Union of Crystallograph and Congress General Assembly, Gragrow, UK, August. p. 4–13.
- Thapon, J.L. (1994). Egg changes during the storage of eggs. In L'œuf et les Ovoproducts, J.-L., Bourgeois, C.M., Eds.; *Technique et Documentation (Lavoisier)*: Paris, France, p. 84-94.
- Torbet, J; Freandssinet, M; Hudry-Clergeon, G. (1981). *J. Nature.* p. 289 - 291. Citado por Ataka *et al.* Magnetic orientation as a tool to study the initial stage of crystallization of lysozyme. *Journal of Crystal Growth* (173)1997.p. 592-596
- Wakayama, N.I; ITO, H; Kuroda, O; Fujita, K. (1996). Effect of a magnetic field gradient on the crystallization of hen lysozyme. *J. Flame.* p. 107 - 187.

---

Wakayama, N.I; Ataka, M; Abe, H. (1997). Effect of a magnetic field gradient on the crystallization of hen lysozyme. *Journal of Crystal Growth*. p. 178 - 653 – 656.

Worcester, D.L. (1978). Proc, Natl. Acad. Sci. USA (75). p. 5475. Citado por Ataka, *et al.* Magnetic orientation as a tool to study the of crystallization of lysozyme. *Journal of Crystal Growth* (173). 1997. p. 592-596.

Yanagiya, S; Sasaki, G.D; Stephen, D; Miandashita, S; Nakada, T; Komatsu, H; Watanabe, K; Motokawa, M. (1999). Effect of a magnetic held on the orientation of hen egg-white lysozyme crystals. *Journal of Crystal Growth* . p. 196 - 319 - 324.

Zhong, C; Wakayama, N. (2001). Effect of a high magnetic field on the viscosity of an aqueous solution of protein; accepted 26 February 2001. *Communicated by R. Kern. Available online 13 June 2001.*