

## **Diseño y remodelación de un imán permanente para evaluar la calidad del yogur fortificado**

### **Design and remodeling of a permanent magnet for evaluation of fortified yogurt's quality**

**Leonardo Mesa Torres<sup>1</sup>, Jorge Luis García Rodríguez<sup>1</sup>, Yarindra Mesa Mariño<sup>2</sup>, Yunaisi León Sardiñas<sup>2</sup>, Ramón Arias Gilart<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Cuba

<sup>2</sup>Departamento de Física, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

Correo electrónico: leonardito@uo.edu.cu

Este documento posee una licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional 

Recibido: 26 de septiembre de 2018      Aprobado: 19 de diciembre de 2018

#### **Resumen**

En la actualidad, la aplicación de los sistemas magnéticos, cobra cada vez más auge, en diversas esferas del sector socioeconómico. El objetivo de este trabajo radica en el diseño y remodelación de un dispositivo magnético construido, en una estructura con sobrepolos magnéticos, a imanes permanentes; la evaluación de la calidad del cultivo de yogur fortificado, con gluconatos de hierro. Se concluye que: existen diferencias significativas entre los grupos de muestras elaboradas con cultivo tratado magnéticamente y sus controles; la conductividad eléctrica mostrada por los iones presentes presenta mayor carga eléctrica que las muestras sin cultivo tratado, el valor del pH evidenció diferencias significativas entre las muestras de cultivo de yogur fortificado elaboradas con tratamiento magnético respecto a los controles, la factibilidad económica para la producción de un litro de yogur fortificado con inóculos tratados magnéticamente a escala de laboratorio es menor que el que se elabora sin tratamiento magnético y la apertura y cierre del sistema magnético y los diferentes ángulos de los sobrepolos permite variar la inducción magnética acorde con el tipo de cepa de productos lácteos a tratar; lo que permitirá mejorar la calidad del consumo de alimentos con mayor beneficio nutricional.

Palabras claves: tratamiento magnético, cultivos bacterianos, yogur

#### **Abstract**

At present, the application of magnetic systems is becoming more and more popular; In various spheres of the socio-economic sector. The objective of this work is to design and remodel a magnetic device, built in a structure with magnetic overlays, to permanent magnets; To evaluate the quality of fortified yogurt culture with iron gluconates. It is concluded that: there are significant differences between the groups of samples made with magnetically treated culture and its controls; The electrical conductivity shown by the present ions presents a higher electric charge than the samples without treated culture, the pH value did not show significant differences between the samples of fortified yogurt culture elaborated with magnetic treatment with respect to the controls, the economic feasibility for the

production of 1 liter of fortified yogurt with Inoculums magnetically treated at laboratory scale is smaller than that produced without magnetic treatment and the opening and closing of the magnetic system and the different angles of the overlays allows to vary the magnetic induction according to the type of strain of dairy products to be treated; Which will improve the quality of food consumption with greater nutritional benefit.

Key words: emulsion, stability, fluidity, surfactant solutions, dehydration

## INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad el hombre ha empleado microorganismos en la elaboración y obtención de productos fermentados o probióticos de una manera simple o convencional. Esto ha situado a la industria de productos lácteos entre las principales del sector alimentario en el mundo [1]. El yogur es uno de los alimentos funcionales que se consume en mayor medida en la actualidad, debido a su fácil preparación y costos de producción y comercialización no muy elevados. Esto se define como un producto lácteo fermentado elaborado por adición de un cultivo iniciador a la leche compuesto por bacterias lácticas de elevada actividad acidificante. En la época contemporánea, la tendencia mundial ha sido al consumo de alimentos con la mayor calidad y beneficio nutricional que estos productos pueden ofrecer a la demandante población que los consume; según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). La fortificación de alimentos es una de las estrategias que existen para prevenir la carencia de hierro y por consiguiente la anemia ferropenia; siendo más sensibles los niños y las embarazadas en los países subdesarrollados y en vía de desarrollo. En los últimos tiempos se sugiere el empleo de nuevas tecnologías que proporcionen calidad a la elaboración de los alimentos con la mínima degradación de las propiedades nutricionales del producto final. El tratamiento magnético (TM) es un método físico, no destructivo, con el cual no se alteran las propiedades nutritivas existentes en diferentes matrices alimentarias [2,3]. En el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) se investiga con profesionalidad, los efectos de los diferentes sistemas magnéticos en las diversas ramas del quehacer socioeconómico.

El presente trabajo propone una nueva propuesta productiva para elaborar yogur fortificado con hierro, elaborado con cultivos probióticos tratados con campo magnético; la evaluación las variables de calidad de este producto, así como sus atributos sensoriales a escala de laboratorio; esto permitirá realizar el análisis económico del proyecto de inversión para un proceso de producción de yogur fortificado que beneficiaría la introducción al mercado de una nueva variedad de producto alimenticio en el mercado nacional o internacional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la industria de productos lácteos estos dispositivos magnéticos han sido empleados en la reducción de la microflora contaminante del queso crema, y la estimulación de la viabilidad celular de las bacterias del cultivo bioyogur, obteniéndose un producto de mejor calidad con menos tiempo de fermentación, a bajo costo de producción, mejorando la calidad del producto final. En este trabajo se realizó el experimento en el laboratorio de Microbiología y Bioquímica de la Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, ubicado en la sede Julio Antonio Mella de la Universidad de Oriente; en colaboración con el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) y el laboratorio de Calidad del combinado lácteo de Santiago de Cuba. El cultivo empleado como iniciador para la elaboración del yogur fortificado a escala de laboratorio estuvo constituido por inóculos compuestos por *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus thermophilus*; comercializados y distribuidos a todas las industrias y combinados lácteos del país por el banco de cepas del Instituto de investigaciones para la industria alimentaria (IIIA) de La Habana [4]. Los parámetros relevantes que caracterizan la instalación (imán permanente) son: Estructura de hierro fundido nodular, en forma de U, ancho: 154 mm, largo: 515 mm, gap máximo: 185 mm, gap mínimo: 95 mm, diámetro de los polos: 80 mm, inducción de campo magnético en el centro de la configuración sin portamuestra a la distancia o gap mínima entre los polos: 1 412 G, inducción de campo magnético en el centro de la configuración con portamuestra, a la distancia mínima entre los polos: 1 458G, Inducción de campo magnético en el centro de la configuración con portamuestra a la distancia mínima entre los sobre polos pequeños en forma parabólica: 2 620 G como se muestra en la figura 1. Las materias primas fundamentales empleadas son, leche descremada y leche fortificada en polvo, las cuales fueron obtenidas de un mismo lote procedente de la fábrica, a la que le realizaron los controles de calidad necesarios de: densidad, contenido graso y de sólidos no grasos para la elaboración del yogur fortificado.

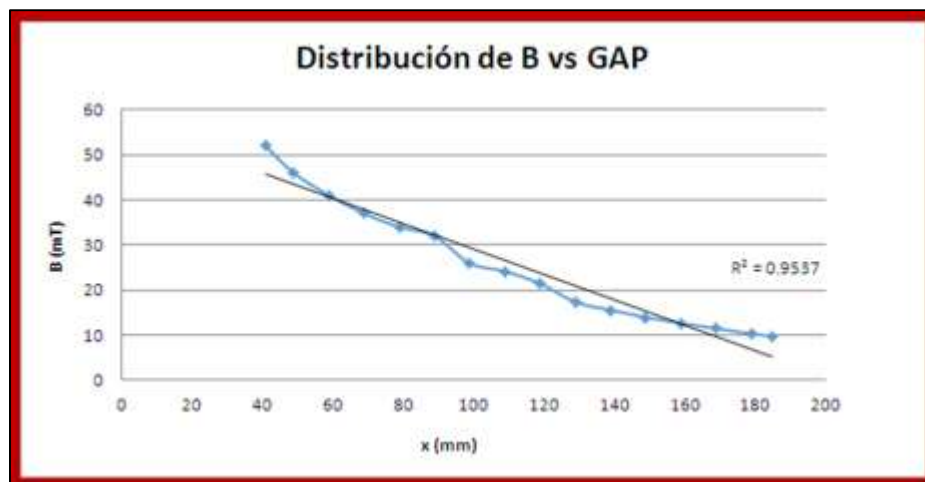


**Fig. 1. Dispositivo magnético**

Las mediciones de distancia entre los polos (gap), longitud, ancho y alto del sistema magnético se tomaron con un pie de rey de 0,05 mm, de precisión. La intensidad del campo magnético se midió con un magnetómetro Hall modelo 5 180 pertenecientes al Laboratorio de Caracterizaciones Magnéticas del Centro Nacional de electromagnetismo aplicado (CNEA) [5].

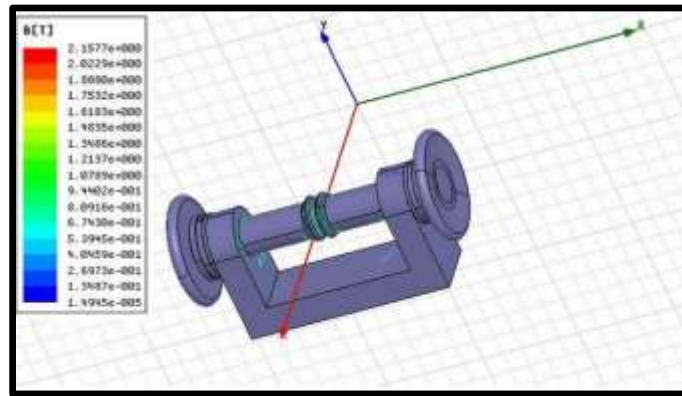
## RESULTADOS

En la figura 2 se muestra la curva de calibración de distancia, entre polos contra la inducción de campo magnético en el centro de la configuración, se varió el gap entre 95,24 y 146,86 mm y los valores correspondientes de inducción de campo magnético son 1 412 y 824 G, equivalente en frecuencia a 6,009 6 y 3,509 MHz, respectivamente. En una esfera de radio de 0,3 m el ancho del eco, en todo el gap, es de 20  $\mu$ s y la homogeneidad relativa vario de  $10^{-3}$  a  $10^{-2}$  con un 95 % de confiabilidad [6,7].

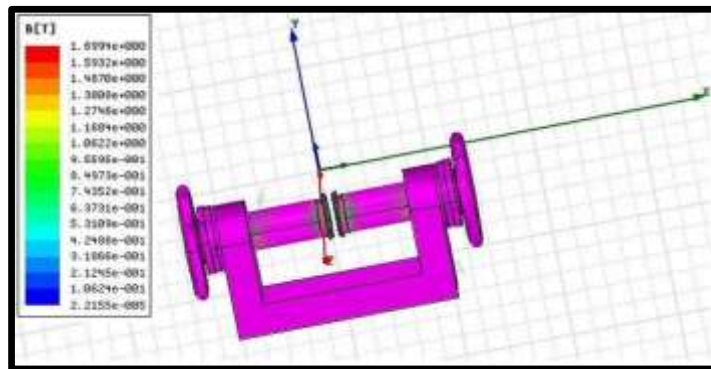


**Fig. 2. Inducción magnética en dependencia de la distancia entre los polos magnéticos o GAP (Cortesía del Ingeniero Ramón Arias Gilart)**

En la figura 3 se muestra el mapa de inducción de campo magnético de (6-9) mT y el vector de campo magnético de (1-1,5) mT generando la máxima inducción magnética al centro de la configuración con una esfera de radio de 0,2 m respecto a la muestra a tratar.



a)

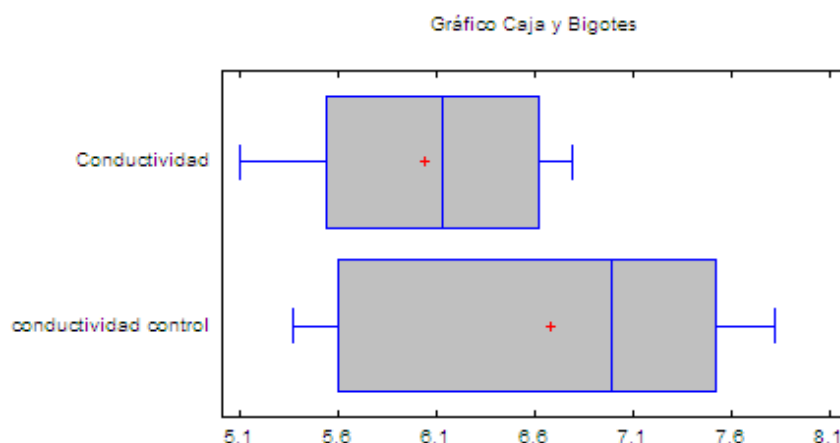


b)

**Fig. 3. a) Mapa de inducción magnética y vector de inducción magnética y b) inducción de campo**

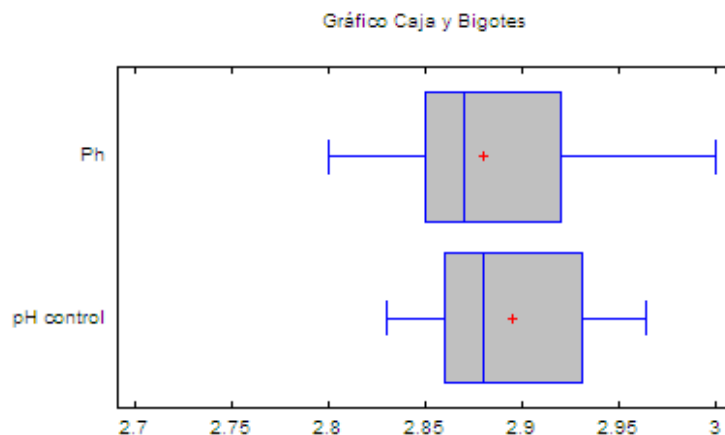
### DISCUSIÓN

Para obtener las relaciones existentes entre los grupos tratados y control, así como en las combinaciones de tratamiento magnético empleadas, se aplicó primeramente un Anova simple en el cual se realizó la comparación de muestras independientes para cada variable respuesta donde se evaluaron 27 muestras de yogur fortificado tratado con sus respectivos controles durante tres días de experimentación. Las variables respuesta analizadas fueron: conductividad eléctrica, pH y absorbancia a 280 nm. En la figura 4 se puede observar que existe una diferencia significativa entre los grupos de muestras elaboradas con el tratamiento magnético y las muestras controles, para un 95 % de confianza. Esto indica que la conducción eléctrica de los iones en la solución de yogur fortificado puede estar siendo influenciado por el tratamiento magnético recibido ya que no solo se trata a los microorganismos, sino el medio de cultivo del yogur, con presencia de gluconatos férricos disminuyendo el tiempo de fermentación y aumentando la viabilidad del ácido láctico y, por ende, la concentración celular [8 -10].



**Fig. 4. Caja y bigotes de la conductividad eléctrica del yogur fortificado con y sin tratamiento magnético**

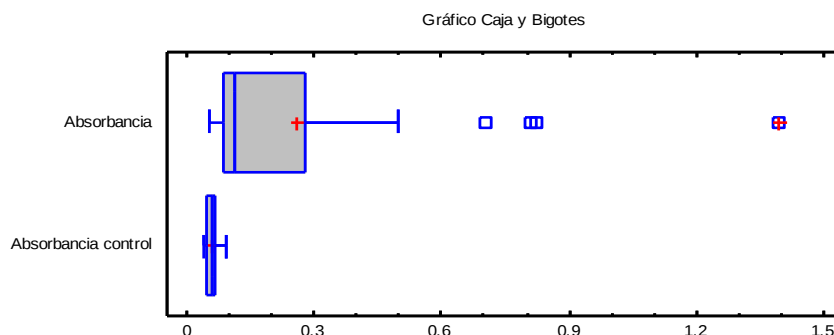
En la figura 5 se muestra que los valores de pH no mostraron diferencias significativas entre ellas. Estos se encuentran fuera de la norma establecida para el yogur natural ya que en su mayoría los valores están alrededor de 2,8 y 2,9 %.



**Fig. 5. Caja y bigotes del pH del yogur fortificado con y sin tratamiento magnético [9]**

Las variaciones de pH están dadas por la concentración de mayor o menor porcentaje de ácido láctico el cual es producido por las bacterias que conforman este cultivo [11].

En la figura 6 se muestra que el contenido de proteínas fue mayor estadísticamente significativo que el contenido de proteínas de las muestras controles por consecuencia de la acidificación producida por las bacterias lácticas. Luego estas proteínas pueden disociarse separando los aminoácidos los que probablemente inciden en la mejora de la digestibilidad del yogur. Se conoce que mientras mayor sea la concentración de la muestra mayor será la absorbancia de esta [10].



**Fig. 6. Gráfico de caja y bigotes de los valores de absorbancia a 280 nm para las muestras de yogur fortificado con y sin tratamiento magnético**

A pesar de que no existen valores normados para la concentración de proteínas del yogur fortificado en Cuba ya que este producto no se elabora en el país, se empleó un panel de seis jueces catadores expertos según lo establecido en la norma ISO 5492 en su primera y segunda edición en el año 1992 y 2008 para medir los atributos sensoriales de las muestras. La prueba empleada fue una prueba de identificación de sabores básicos avalada por la norma ISO 3972, documento que recomienda no solo la identificación de los sabores básicos [12,13].

## CONCLUSIONES

Las simulaciones demostraron que existen diferencias significativas entre los grupos de muestras elaboradas con cultivo tratado con campo magnético y sus controles, para un 95 % de confianza. La conductividad eléctrica mostrada por los iones presentes en el yogur fortificado presenta mayor carga eléctrica que las muestras de yogur elaborado sin cultivo tratado. En el caso de los valores de pH no se presentaron diferencias significativas entre los valores de las muestras de yogur elaboradas con cultivos con tratamiento magnético, con respecto a los controles con una factibilidad económica para la producción de un litro de yogur fortificado elaborado con inóculos tratados magnéticamente a escala de laboratorio, menor que el que se elabora con inóculos sin tratamiento magnético. La apertura y cierre del sistema magnético y los diferentes ángulos de los sobrepolos permite variar la inducción magnética acorde al tipo de cepa de productos lácteos a tratar; lo que permitirá el consumo de alimentos con mayor calidad y beneficio nutricional. La factibilidad económica para la producción de un litro de yogur fortificado elaborado con inóculos tratados magnéticamente a escala de laboratorio, genera gastos de \$5,979 un \$ 1,28 menor que el que se elabora con inóculos sin tratamiento magnético (\$7,255). Para un valor de \$15,00 de comercialización en los mercados ideales, se obtendrá una ganancia de \$9,021 en el yogur fortificado elaborado con cultivos tratados con campo magnético con respecto al elaborado con cultivo sin tratamiento magnético, con una ganancia de \$7,745.

## REFERENCIAS

1. Fojt L. Efecto del campo magnético en la morfología de las bacterias. *Micron*, 2009. 40(8): 918-922.
2. Figueredo DL, et al. Efecto de la aplicación del campo electromagnético en la viscosidad del yogurt natural. Santiago de Cuba, Universidad de Oriente. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería Química, 2015.
3. Frómata RE, et al. Parámetros organolépticos y sensoriales del yogur elaborado con campo electromagnético. Santiago de Cuba, Universidad de Oriente. Tesis presentada en opción al Título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería Química, 2014.
4. Mesa Mariño Y, Más Diego S, Villalpanda Anaya M, Díaz Velázquez M. Estudio del comportamiento de Bacterias Acidolácticas (BAL) del cultivo Bioyogur a diferentes dosis de tratamiento magnético. *Tecnología Química* septiembre-diciembre, 2016. 36(3):70-38. ISSN 2224-6185. Disponible en

- Web: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852016000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000300010) [consultado junio 2017].
5. Gilart González F. Laboratorio de Mediciones y Caracterizaciones magnéticas del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, 2008.
  6. Pérez Bruzón R. Hinojosa Aldana R. Influencia del campo magnético constante como terapéutica del cáncer. Preparación de las condiciones para el experimento. Director: Luis Bergues Cabrales. Tesis presentada en opción al Título de licenciatura en Física. Departamento de Física. Universidad de Oriente, 1998.
  7. Mesa L. Sistema magnético para el tratamiento de diferentes patologías: Cálculo y Simulación numérica. En actas de IX Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica. COMEC 2016. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Universidad Central de Las Villas Marta Abreu. Editorial: Feijoo, 14-17 noviembre, 2016. ISBN: 978-959-312-216-0.
  8. Acea Carlos. Un solo golpe magnético. ICIDCA, 2001. 25(3):35-38.
  9. Oficina Nacional de Normalización. NRIAL 065:08- Iniciadores lácticos. Métodos de ensayo. USA, 2008.
  10. Anaya M, et al. Efecto del campo magnético en diferentes parámetros controlados en la industria cervecera. En actas (CD-ROM) 11<sup>na</sup> Conferencia Internacional sobre Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICTA - 11). La Habana, Cuba. 2008.
  11. Beglarian RA. El uso de los campos magnéticos en la industria láctea. En actas de Brief Communications of the XXIII International Dairy Congress, Montreal, 1990, DE- 8 -12(2):329-619.
  12. EAP. Análisis de la Industria de los Alimentos. Disponible en Web: <http://es.slideshare.net>. [Consultado el 15 de mayo del 2016].
  13. Anaya Matilde, et al. Influencia del campo magnético sobre el crecimiento de microorganismos patógenos ambientales aislados en el Archivo Nacional de la República de Cuba. Biomédica, 2015.35(3):120-4157. Disponible en Web: <http://www.revistabiomedicaorg/index.php/biomédica/article/view/2569>.