

## **Influencia de un campo electromagnético de baja frecuencia en la flora microbiana de un néctar de mango. Parte II**

### **Influence of a low frequency electromagnetic field in the microbial flora of a mango nectar. Part II**

**Ing. Yaima Torres-Ferrer I ytorres@uo.edu.cu , Dr.C. Margarita Rivera-Soto II , Lic. Yadenis Ortega-Díaz I , Lic. Ana Isabel Cardona-Parlade III**

I Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), ytorres@uo.edu.cu , Santiago de Cuba, Cuba; II Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba; III Cervecería Hatuey, Santiago de Cuba, Cuba

#### **RESUMEN**

En el presente estudio se evalúa, diseña y ejecutan experimentos con un solo factor en los que se determina la influencia de un campo electromagnético de baja frecuencia sobre la flora microbiana de un néctar de mango a varios tiempos de exposición en una unidad homogénea y completamente aleatorizado, sobre la carga microbiana de un néctar de mango, comparado luego con su muestra control; con el objetivo de estudiar su comportamiento después de cada tratamiento. Para ello se empleó en la estadística el programa profesional STATGRAPHICS Centurion XV. Como dispositivo acondicionador magnético se utiliza el BioNaK-03 que se caracteriza con valores de inducción magnética media aproximada de (9 mT). Se establece que la aplicación del tratamiento electromagnético mantiene de forma similar a las naturales los parámetros físico-químicos y sensoriales, provoca una inhibición en la flora microbiana presente en el néctar de mango objeto de estudio y que el tiempo de exposición juega un papel fundamental.

**Palabras clave** : *flora microbiana, campo magnético, néctar de mango.*

#### **ABSTRACT**

In the present study we evaluate, design and execute experiments with a single factor in which the influence of a low frequency electromagnetic field on the microbial flora of a mango nectar at various times of exposure in a homogenous and completely randomized unit, On the microbial load of a mango nectar, then compared with its control sample; With the aim of studying their behavior after each treatment. For this purpose the STATGRAPHICS Centurion XV professional program was used in statistics. As a magnetic conditioning device, the BioNaK-03 is used, which is characterized by approximate mean magnetic induction values of (9mT). It is established that the application of electromagnetic treatment similarly maintains the physical-chemical and sensory parameters, causes an inhibition in the microbial flora present in the nectar of mango object of study and that the time of exposure plays a fundamental role.

**Keywords :** *microbial flora, magnetic field, mango nectar.*

## **INTRODUCCION**

Los néctares de frutas, han mantenido su aceptación en el mercado a través del tiempo, para obtenerlos, se requiere encontrar la mezcla óptima de ingredientes que permita generar un producto con características funcionales y alto valor nutricional [13], en los que se mantengan propiedades organolépticas de aroma y sabor deseables, razón por la cual se busca conocer y estudiar la composición química, enzimática y nutricional de las frutas con el fin de encontrar el mejor proceso, y que a su vez, lo conserve el mayor tiempo posible [6-7].

Ha quedado demostrado que el uso excesivo del tratamiento térmico que son las técnicas de conservación más usadas, ocasiona pérdida de nutrientes y vitaminas, además degrada las características organolépticas y sensoriales de los alimentos [4].

La demanda creciente de alimentos mínimamente procesados, seguros, que conserven en totalidad sus características y respeten las exigencias medio ambientales, justifica el desarrollo de nuevas tecnologías para la conservación y transformación de alimentos; como las tecnologías "emergentes" y de procesamiento no térmico de alimentos que han cobrado protagonismo y aceptación entre los consumidores [14]. Las mismas utilizan como factores principales de inactivación microbiana estrategias que no utilizan el calor. Debido a la seguridad que ofrecen, la calidad del producto final y los costos involucrados en su uso, las hacen una opción muy atractiva a los métodos convencionales de pasteurización y esterilización de alimentos por tratamientos térmicos fundamentalmente en jugos o néctares de frutas, donde las bacterias ácido lácticas presentan poca resistencia térmica, y solo se requiere de un tratamiento ligero para asegurar la estabilidad microbiológica [8].

Las tecnologías no térmicas pueden ser utilizadas en combinación entre ellas o con otras, buscando efectos sinérgicos, lo cual redundará en procesos más cortos y la obtención de productos de mejor calidad [4].

Aún hoy, los nuevos tratamientos no térmicos de conservación de alimentos, son objeto de investigación, con el fin de evaluar su potencial como proceso alternativo o complementario a los métodos más tradicionales de conservación y no se han encontrado referencia de investigaciones [1-2], en las que se estudie la influencia de un campo electromagnético de baja frecuencia a este valor de inducción y estos tiempos de exposición, sobre la flora microbiana de un néctar de mango. De ahí la novedad, la actualidad y el aporte científico de este trabajo, cuyo objetivo específico es valorar la influencia de un campo electromagnético de baja frecuencia (9 mT) sobre la flora microbiana de un néctar de mango a varios tiempos de exposición (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 min).

## **MATERIALES Y METODOS**

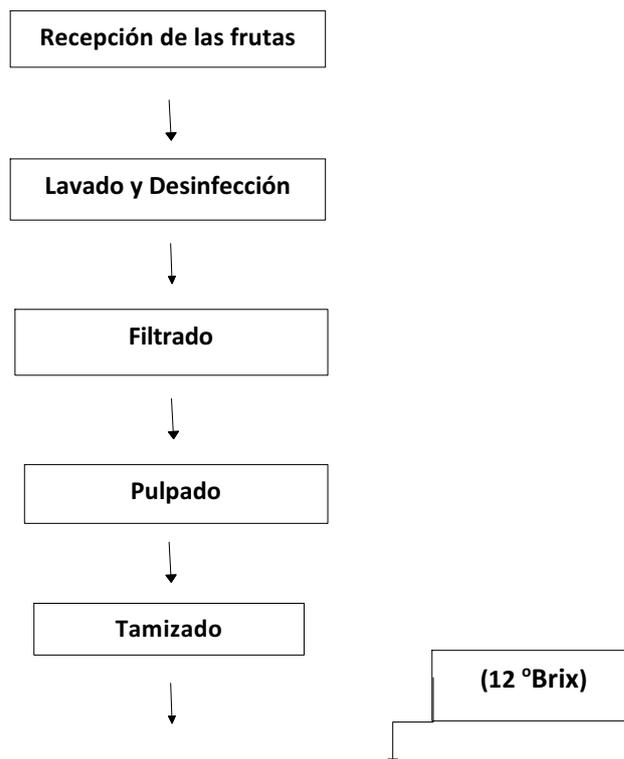
Los experimentos se realizaron en los laboratorios de Química-Física y el de Caracterizaciones Magnéticas, ambos ubicados en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), con la colaboración del laboratorio de Microbiología de la Fábrica de Cerveza, "Cervecería Hatuey" de Santiago de Cuba.

Se realizaron diez experimentos y tres réplicas de cada uno de ellos, con una diferencia de 15 min entre cada uno (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150

min): utilizando siempre la misma inducción magnética de (9 mT).

#### Procedimiento experimental

El néctar de mango objeto de este estudio, fue elaborado utilizando como materia prima frutas frescas, previamente seleccionadas y lavadas, garantizando que las mismas cumplieran con las normas de calidad requeridas, siguiendo la metodología empleada en la norma cubana /NC 903:2012/. La [figura 1](#) muestra el diagrama de operaciones realizadas para la elaboración del néctar de mango, a escala de laboratorio.



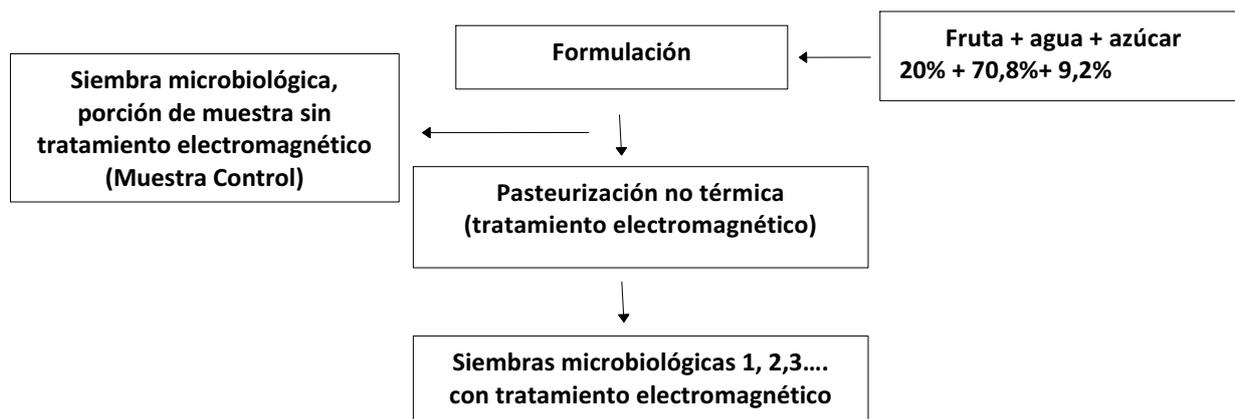


Fig. 1 Diagrama de operaciones básicas para la elaboración del néctar de mango.

### **Preparación de las muestras. Caracterización físico-química y microbiológica, antes de aplicar el tratamiento**

- Preparación de las muestras

Primeramente se realizó la esterilización de todos los instrumentos en la autoclave durante 15 min., a 120 °C y 1.2 atm, y se garantizaron las condiciones asépticas, empleando etanol al 95 % de pureza e hipoclorito de sodio al 6 % en la limpieza de la superficie de trabajo; para la preparación de las muestras se midió con pipeta 10 mL de néctar en cada uno de los bulbos y posteriormente se trasladaron desde un recipiente estéril al Bionak - 03, dispositivo donde se aplicó el tratamiento magnético.

- Caracterización físico-química y microbiológica, antes de aplicar el tratamiento

Al néctar (durante su elaboración), se le efectúan una serie de análisis para certificar que se encuentra apto para el consumo y comercialización; entre estas determinaciones se encuentran: los análisis microbiológicos, los sensoriales, y los físicos - químicos; en estos últimos se evalúan parámetros determinantes como: la acidez, los sólidos solubles y el pH; todas estas determinaciones se realizan siguiendo las normas de proceso. Los análisis microbiológicos tienen como objetivo conocer el si el néctar elaborado cumple con los requisitos microbiológicos requeridos.

La acidez se realiza empleando la norma cubana, Acidez valorable /NC ISO 750: 2001/, que establece dos métodos para la determinación de la acidez de productos de frutas y vegetales: el método potenciométrico de referencia y el método de rutina usando un indicador de color; para el caso de los néctares se emplea el segundo, realizándose la valoración con una solución volumétrica patrón de hidróxido de sodio en presencia de fenolftaleína como indicador.

El contenido de sólidos solubles, se realiza empleando la norma cubana, Código refractométrico /NC ISO 2173: 2001/, la cual se lleva a cabo con un refractómetro y tablas que correlacionan el índice de refracción con el contenido de sólidos solubles (expresado en sacarosa), o la lectura directa de sólidos solubles en el refractómetro, a 20 °C. Para ello se vertió en la cierta cantidad de muestra en el equipo y se lee por medio de una escala graduada el índice de refracción que presenta el néctar.

El pH se determina empleando la norma cubana Determinación de pH, /NC ISO 1842: 2001/, la cual establece la medición del pH de productos de frutas y vegetales por el método potenciométrico, el cálculo se ejecuta por la diferencia de potencial entre dos electrodos sumergidos en el líquido que es analizado, empleando un pHmetro, con una escala de pH graduada.

### **Caracterización físico-química y microbiológica de las muestras tratadas**

Una vez aplicado el tratamiento electromagnético, a las diferentes muestras según la planificación realizada, se efectúan las mismas determinaciones físico - químicas que se le realizan al néctar antes del tratamiento no térmico y que se describen anteriormente, así como los análisis microbiológicos y evaluación sensorial .

### **Lecturas microbiológicas y tabulación de resultados**

Una vez aplicado el tratamiento no térmico, se realizan las siembras microbiológicas siguiendo la norma /NC 585:2008/, para realizar las determinaciones de: levaduras, mohos y conteo total de microorganismos (MOS); realizando las lecturas microbiológicas al término de los tres y cinco días, respectivamente. (Para realizar las siembras microbianas y conocer la cantidad de microorganismos presentes en el néctar de mango: Se toman 4 placas y se dividen en grupos de 2, para cada medio de cultivo y en cada una de ellas se añade 1 mL de muestra, luego se agregan los medios de cultivo que fueron preparados con anterioridad en baño de María y se deja reposar la muestra con el medio de cultivo en la placa para que solidifique; después se procede a incubar, para conteo total se coloca en una incubadora a 30 0 C durante 2 ó 3 días y para el caso de los mohos y levaduras en otra incubadora a 25 0 C de 3 a 5 días, culminado este período, se leen los resultados). Cuando han finalizado todos los experimentos se realiza la tabulación de los resultados para un adecuado procesamiento estadístico y análisis de los mismos.

Equipos utilizados ([ver figura 2](#))

- Balanza técnica, modelo Pexac., soporta hasta 15 Kg, con un voltaje de 110 V.
- Batidora, modelo Daytron, con un voltaje de 110 V.
- Baño de María (ElectricalHeatingThermostaticWaterBoth), modelo XMTD- 204, con un voltaje de 220 V.
- Autoclave, modelo ASH - 260, con un voltaje de 110 V y una potencia de 1 kW, el cual se emplea para la esterilización de los materiales a utilizar.
- Bionak -03, con un voltaje de 110 V y una intensidad de corriente de 5 A.
- Incubadora para Conteo Total.
- Incubadora para Mohos y Levaduras.
- pH
- Brixómetro



**a) Bionak - 03**



**b) Autoclave**



**c) Incubadora para Conteo Total**



**d) Incubadora para Mohos y Levaduras**



**e) Brixómetro**



**f) pH**

**Fig. 2 Equipos principales utilizados en los experimentos.**

Caracterización del acondicionador magnético utilizado en los experimentos

Acondicionador magnético BioNaK-03, (Domínguez et al., 1999, Patente No.22602/1999). Este dispositivo consiste en dos bobinas de 56 cm de diámetro con 363 vueltas de alambre de cobre de 1,1 mm. Las bobinas se colocaron verticalmente y se conectaron a un voltaje de 110 volts. La intensidad del campo magnético fue horizontal variable, que cambió de los extremos al centro. El dispositivo funcionó bajo las siguientes condiciones: onda trapezoidal, conexión de bobinas en paralelo y frecuencia de 60 Hz. El instrumento utilizado para las mediciones de la inducción magnética fue un gaussímetro de efecto Hall de la marca LakeShore, modelo 410, (la inducción electromagnética fue medida en Tesla

(T) a 22°C) y el dispositivo fue caracterizado midiendo la intensidad del campo magnético en el punto exacto donde se coloca la muestra, lo que permite conocer el valor aproximado de dicho campo en el área de trabajo experimental.

## **MATERIALES Y REACTIVOS**

En el desarrollo de los experimentos se utilizaron los siguientes utensilios:

- Erlenmeyer de 250 mL.
- Porta objeto.
- Cubre objeto.
- Gasa.
- Bulbos.
- Tapones.
- Placa petri.
- Pipetas graduadas de 5, 10, 25 mL.
- Pinza.
- Botellas de cristal de 250 mL.
- Papel de aluminio.
- Parafilm.

Reactivos utilizados:

- Etanol al 95%.
- Disolución de Hipoclorito de Sodio al 6%.
- Agua destilada.

Análisis de los resultados

Caracterización físico-química y sensorial del néctar de mango luego de aplicar tratamiento magnético

Al analizar los resultados obtenidos en la caracterización física - química y sensorial del néctar de mango antes y luego de aplicar tratamiento magnético:

El parámetro acidez disminuye cuando se aplica el tratamiento magnético, el valor más alto corresponde a la muestra control (0,80 %), mientras que el más bajo pertenece al tratamiento 10 (0, 53%) .

Al analizar el comportamiento de los sólidos solubles se puede inferir que el empleo de este procedimiento no afectó este atributo, ya que al comparar el valor obtenido inicialmente para la muestra control (12,6 0 Brix) con los resultados en las muestras tratadas, se comprueba que debido a la acción del tratamiento electromagnético el contenido de sólidos solubles se incrementa, lo que se justifica porque durante la elaboración y conservación del producto la fruta se degrada en azúcares solubles, principalmente glucosa, sacarosa, fructosa, siendo este un elemento básico del adecuado e idóneo sabor, obteniéndose el máximo valor para el tratamiento 9 (12,7 0 Brix).

Para el pH se evidencia que el producto sin tratamiento (muestra control), es aquel que presenta el menor valor (3,6), notándose que el valor más alto corresponde al tratamiento 10 (3,9), dado que este aspecto se incrementa debido a la oxidación de los sustratos fenólicos propios del pardeamiento enzimático por la acción de la enzima polifenol oxidasa dando lugar a una desacidificación (eliminación del ácido).

Al analizar los resultados del análisis sensorial realizado por un grupo de panelistas, que tuvieron en cuenta los atributos: olor, color, sabor, y homogeneidad para el néctar de mango (sin y con tratamientos electromagnéticos); se puede resumir que el único aspecto diferente fue la acidez, comportamiento que se esperaba, debido a que desde que se realizaron los primeros análisis a la pulpa, esta presentaba este

parámetro algo elevado, pero aún así no influyó de forma negativa; los demás parámetros se comportaron parecidos a los iniciales, no existiendo una diferencia significativa entre ellos y manteniéndose el producto muy similar al natural.

Resultados de las corridas experimentales

Resultados de las lecturas en placas de la carga microbiana del néctar de mango en los diferentes tratamientos indican que los valores del conteo total oscilan entre 16,5 y 0,5 (Ufc/mL [tabla 1](#)).

**Tabla 1**  
**Carga microbiana del néctar de mango**

| Muestras         | Valores de Conteo Total (Ufc/mL) |    |    |    | Promedio |
|------------------|----------------------------------|----|----|----|----------|
| Trat-1(15 min)   | 33                               | 12 | 8  | 13 | 16,5     |
| Trat-2(30 min)   | 40                               | 12 | 4  | 5  | 15,25    |
| Trat-3(45 min)   | 28                               | 8  | 2  | 10 | 12       |
| Trat-4(60 min)   | 12                               | 2  | 10 | 6  | 7,5      |
| Trat-5(75 min)   | 0                                | 3  | 0  | 2  | 1,25     |
| Trat-6(90 min)   | 0                                | 0  | 2  | 2  | 1        |
| Trat-7(105 min)  | 1                                | 0  | 0  | 1  | 0,5      |
| Trat-8(120 min)  | 2                                | 3  | 2  | 2  | 2,25     |
| Trat-9(135 min)  | 2                                | 2  | 2  | 2  | 2        |
| Trat-10(150 min) | 0                                | 1  | 1  | 0  | 0,5      |
| Control          | 45                               | 38 | 39 | 27 | 37,25    |

Inducción Magnética única para todos los tratamientos = (9 mT)

Para el análisis estadístico de la data experimental se utilizó el programa profesional STATGRAPHICSCenturion XV; seleccionando, según la finalidad del estudio realizado, un diseño experimental "Factor Categórico Individual".

Tabla 2

ANOVA para Carga microbiana por Conteo Total

| Fuente        | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P       |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------------|
| Entre grupos  | 1488,12           | 9  | 165,347        | 2,95    | <b>0,0123</b> |
| Intra grupos  | 1680,25           | 30 | 56,0083        |         |               |
| Total (Corr.) | 3168,38           | 39 |                |         |               |

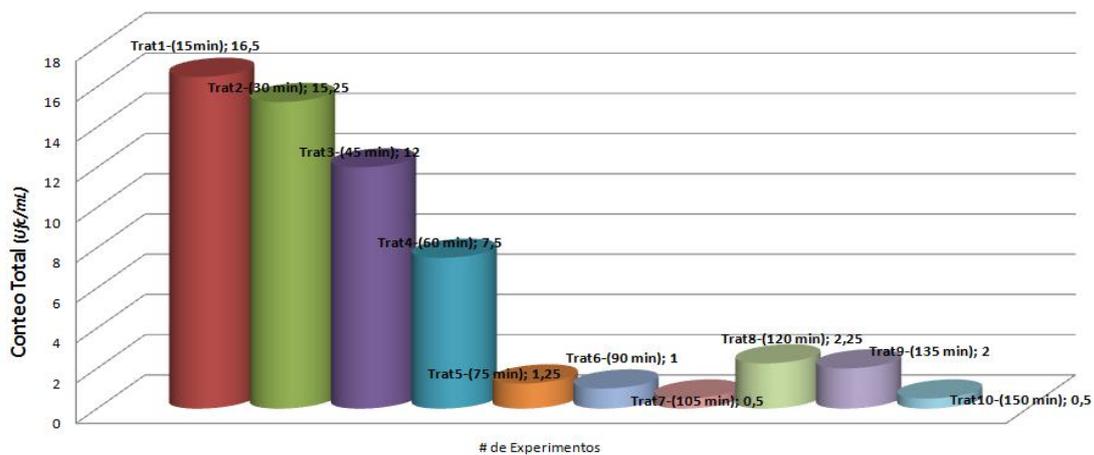
En la tabla 2, ANOVA descompone la varianza de carga microbiana en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 2,95219, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, podemos afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de carga microbiana entre un nivel de conteo total y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza: Pruebas de Múltiples Rangos.

**Tabla 3**  
**Pruebas de Múltiple Rangos para Carga microbiana por Conteo Total**  
**Método: 95,0 porcentaje LSD**

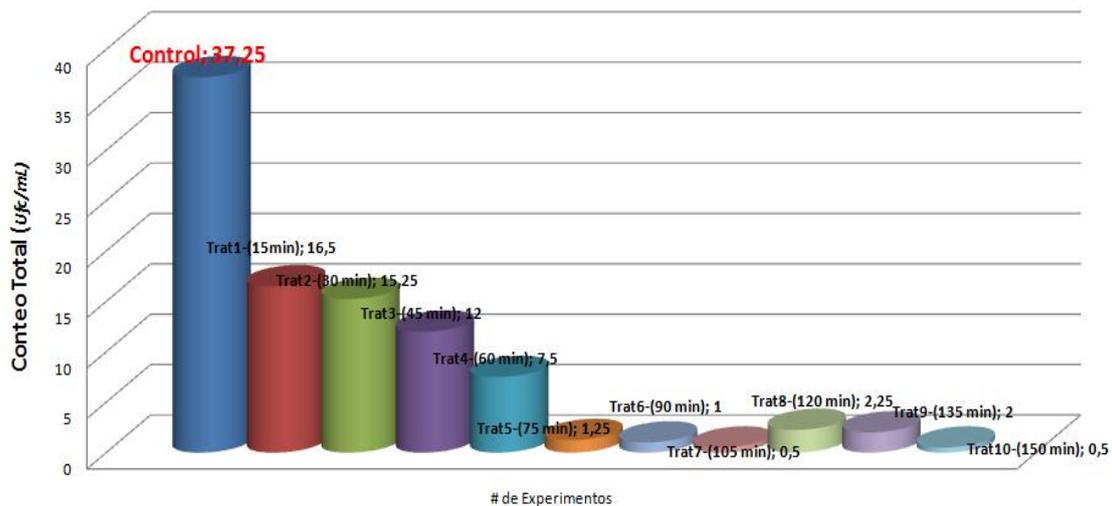
| Conteo Total   | Casos | Media | Grupos Homogéneos |
|----------------|-------|-------|-------------------|
| Trat-7(105min) | 4     | 0,5   | X                 |

|                 |   |       |     |
|-----------------|---|-------|-----|
| Trat-10(150min) | 4 | 0,5   | X   |
| Trat-6(90min)   | 4 | 1,0   | X   |
| Trat-5(75min)   | 4 | 1,25  | XX  |
| Trat-9(135min)  | 4 | 2,0   | XX  |
| Trat-8(120min)  | 4 | 2,25  | XX  |
| Trat-4(60min)   | 4 | 7,5   | XXX |
| Trat-3(45min)   | 4 | 12,0  | XX  |
| Trat-2(30min)   | 4 | 15,25 | X   |
| Trat-1(15min)   | 4 | 16,5  | X   |

En la tabla 3 se aplica el procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Estos resultados muestran las diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la tabla, se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.



**Fig. 3 Valores promedios de la carga microbiana del néctar de mango.**



**Fig. 4 Valores promedio de la carga microbiana del néctar de mango comparados con el control.**

En la [figura 3](#) se observa que los valores del conteo total a medida que aumenta el tiempo de exposición tienden a disminuir, en la [figura 4](#), se comparan estos mismos valores con el control (que es la muestra que no ha sido sometida al tratamiento electromagnético) y se puede afirmar que ocurre una inhibición en la carga microbiana del néctar de mango; ya que la carga microbiana presente en la muestra control fue de un 37.25 y se logró disminuir aproximadamente hasta un 2%. Al realizar un análisis del recuento microbiológico se observa que para los tratamientos Trat-7(105 min) y Trat-10(150 min) se reportan los valores más bajos de microorganismos medidos en Ufc/mL, por tanto se establece que mientras mayor es el tiempo de exposición menor es la carga microbiana y que el papel de este ha sido fundamental. Lo que se comprueba mediante la ANOVA y las Pruebas de Múltiple Rangos para Carga microbiana por Conteo Total en base al descenso microbiológico.

Se plantea que este comportamiento pudiera deberse a que los campos magnéticos causan daño en el ADN de los microorganismos, generando así mutaciones que bloquean la replicación celular provocando la muerte microbiana y se corrobora además que un aumento del tiempo de tratamiento implica un aumento de la inactivación microbiana y enzimática[3; 9; 11; 12].

## CONCLUSIONES

- Los parámetros físico-químicos y sensoriales del néctar de mango antes y después del tratamiento electromagnético, se comportaron parecidos a los iniciales, no existiendo una diferencia significativa entre ellos y manteniéndose el producto muy similar al natural.
- El campo electromagnético de baja frecuencia (9 mT) sobre la flora microbiana de un néctar de mango a varios tiempos de exposición ejerce un efecto positivo sobre el producto terminado, al inhibir la carga microbiana presente en él e

incrementando su estabilidad y por tanto su tiempo de vida útil.

- Se demostró que el tiempo de exposición tiene un papel fundamental en el efecto de reducción de la flora microbiana.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. ANAYA, M., ACEA, C., GONZÁLES, B. "Efecto de l campo magnético e n diferente s parámetro s controlado s e n l a industri a cervecera" . E n (CDROM) 1 1 na Conferencia Internacional sobre Ciencia y T ecnología de los Alimentos (CIC T A- 1 1).2008.La Habana, Cuba.
2. ANAYA , M.,MARÍA, T., MANUEL, C. "El campo magnético aplicado a la industria alimentaria". Instituto de investigaciones para la industria alimentaria (IIIA). Cuba. 2011.Publicado septiembre. [http://www.publitec.com.ar/system/noticias.php?id\\_prod=175](http://www.publitec.com.ar/system/noticias.php?id_prod=175) .
3. BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., POTHAKAMURY, U. R. AND BARRY, G. S. "State of the art Technologies for the stabilization of foods by non-thermal processes: physical methods". 1993.
4. CAMACHO, O. G. Conferencia sobre "Obtención y conservación de Néctares de Frutas". Santafé de Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2004, p.1-19.
5. DOMÍNGUEZ, H., FONG, A., REGUERA, F.,CASTILLO J. "Estimulador electromagnético para cultivos in vitro (BioNak-03)". 1999. Patente No-22602.
6. FAO. "Procesamiento de Frutas y Hortalizas mediana, métodos artesanales y de pequeña escala". Oficina Regional de la FAO, para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.1991.
7. FAO. "Procesamiento de Frutas y Hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala". Oficina Regional de la FAO, para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 2011.
8. JAY, J. M. "Modern Food Microbiology". Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland. 2000.
9. MOORE, R. L. "Efectos biológicos de los campos magnéticos. Estudios con microorganismos". Can. 1979.
10. POTHAKAMURY, U. R., BARBOSA-CANOVAS, G. V., SWANSON, B. G. "Magnetic-field inactivation of microorganisms and generation of biological changes". *Food Technology* , 1993, vol 47, Nº 12, p. 85-93.
11. RIVAS, A., RODRIGO, D., MARTÍNEZ, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G. AND RODRIGO, M. "Effect of PEF and heat pasteurization on the physical-chemical characteristics of blended orange and carrot juice". *Food Science and Technology* , 2006. Vol.39, Nº 10, p. 1163-1170.
12. SALAMANCA, G., OSORIO, P. Y MONTOYA, L. "Elaboración de una bebida funcional de alto valor biológico a base de borjón". *Revista Chilena Nutrición*, 2010. Vol. 37, Nº 1, p. 87-96.
13. SALE Y HAMILTON."Industria alimentaria". Tecnologías emergentes. EEUU.1967.

Recibido: Septiembre 2017

Ing. Yaima Torres-Ferrer I [ytorres@uo.edu.cu](mailto:ytorres@uo.edu.cu)

I Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), [ytorres@uo.edu.cu](mailto:ytorres@uo.edu.cu) ,  
Santiago de Cuba, Cuba