

Parámetros físicos, físicos-químicos y químicos de extractos de *Origanum majorana* L. cultivado utilizando agua magnetizada

*Physical, chemical-physical and chemical parameters of extracts of *Origanum majorana* L. cultivated using magnetized water*

MSc. Annarli Olivia Rodríguez-Ferreiro^I, Dra. C. Yilan Fung-Boix^{II},
Dra. C. Ania Ochoa-Pacheco^{III}, MSc. Emilia Ortiz-Beaton,
Lic. Usnavia Díaz-Fernández^{IV}
anmarliolivia@uo.edu.cu

^I Departamento de Ingeniería Biomédica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Oriente, Cuba; ^{II} Departamento de Investigaciones, Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, Universidad de Oriente, Cuba; ^{III} Laboratorio de Tecnología Farmacéutica, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente, Cuba; ^{IV} Facultad de Medicina II, Instituto Superior de Ciencias Médicas, Cuba.

Recibido: 5 de septiembre de 2017

Aprobado: 10 de abril de 2018

Resumen

Origanum majorana L. es una planta cultivada y utilizada en Cuba por sus propiedades carminativa, expectorante y sedante. Esta especie presenta dificultad en su propagación, por lo que se emplea el agua de riego tratada con campo magnético estático (CME), con un rango de inducción de 100 y 150 MT, debido a su acción positiva en el crecimiento y desarrollo de otras plantas. Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto del agua tratada con campo magnético estático, sobre parámetros físicos, físico-químicos y químicos de los extractos de la planta. Los extractos resultantes de n-hexano, etanol y acuoso, mantuvieron las mismas características organolépticas, con un incremento de su pH que osciló entre 4,12 - 5,27. Se demuestra la mayor concentración de sólidos totales 20,19 g/100 mL; fenoles, flavonoides y carbohidratos, en el extracto acuoso, lo que constituye el primer reporte para la especie cultivada utilizando CME.

Palabras clave: *Origanum majorana* L., campo magnético estático, extractos.

Abstract

Origanum majorana L. is a plant cultivated and used in Cuba for its carminative, expectorant and sedative properties. This species has difficulty in its propagation, so it was used irrigation water treated with static magnetic field (SMF), with an induction range of 100 and 150 MT, due to its action positive in the growth and development of other plants. The objective of this research is to evaluate the effect of water treated with a static magnetic field on physical, physical-chemical and chemical parameters to the extracts. As result, the n-hexane, ethanol and aqueous extracts maintained the same organoleptic characteristics, the pH oscillated in the range 4,12-5,27. The aqueous extract obtained from the plants grown with water treated with SMF, presented a higher concentration of total solids 20,19 g/100 mL, phenols, flavonoids and carbohydrates, the first report for the species cultivated with irrigation with SMF.

Keywords: *Origanum majorana* L., static magnetic field, extracts.

Introducción

Las plantas medicinales se emplean en el tratamiento de numerosas enfermedades, esta práctica se transmite de generación en generación y constituye el rescate de parte de nuestro acervo cultural. El empleo de la fitoterapia continúa es objeto de investigación científica y en la actualidad se garantiza su calidad tecnológica, eficacia terapéutica e inocuidad de las mismas, como una alternativa de solución a los problemas de salud [1].

Origanum majorana L. se emplea para tratar casos de insomnio y nerviosismo. También se utiliza en las afecciones digestivas, como antiespasmódico, anticatarral, antimicrobiano, antiséptico, antioxidante, diurético, sedante, antihipertensivo, antiplaquetario y antiviral [2]. El aceite esencial presenta actividad inhibidora sobre la acetilcolinesterasa y la butirilcolinesterasa [3].

Las bases teóricas de la acción de los campos magnéticos en el crecimiento de las plantas son complejas. Maffei en el año 2014 demostró efectos estimuladores en la morfología, fisiología y bioquímica vegetal. Estos efectos pueden atribuirse a su acción en los procesos relacionados con el crecimiento, división y diferenciación celular, todo lo cual induce cambios significativos a nivel celular [4].

Al tratar el agua con un campo magnético estático, se tienen varios resultados que se fundamentan en el mecanismo de magnetización del agua. Este proceso se sustenta en los resultados teóricos propuestos por Pang, donde se confirmaron variaciones en las propiedades físico-químicas del agua, generalmente se reduce la tensión superficial, la viscosidad y las vaporizaciones son más rápidas. Estos tres fenómenos son consecuencias de las modificaciones en su estructura molecular, como es la transferencia de protones en los enlaces por puentes de hidrogeno [5]. Los cambios en estos parámetros favorecen los fenómenos difusivos del agua en la planta, debido a las variaciones en el potencial de membrana de los tejidos [6].

En la actualidad, el efecto del agua tratada con campo magnético estático en las plantas medicinales y de cómo esta influye en la mejora del proceso de absorción de nutrientes y de elementos disueltos en ella, han sido pocos estudiados. Esta investigación tiene como objetivo, precisar parámetros físicos, físico-químicos y químicos de los extractos de *Origanum majorana* L. cultivada con agua tratada con campo magnético estático.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), de conjunto con el Laboratorio de Tecnología Farmacéutica, del Departamento de Farmacia de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba; en el período de tiempo comprendido entre el 3 de enero y el 30 de mayo del 2017.

Identificación taxonómica

La especie se identificó taxonómicamente y se depositó un ejemplar con el número 21723 en el herbario BSC “Dr. C. Jorge Sierra Calzado”, del Centro Oriental de Ecosistema y Biodiversidad (BIOECO), en la ciudad de Santiago de Cuba.

El material vegetal utilizado fueron posturas (plantas en estadio juvenil) de la especie *Origanum majorana* L. adquiridas en la finca “El Olimpo”, situada en la localidad de la Gran Piedra, de la ciudad de Santiago de Cuba. Las mismas se sembraron en el umbráculo de la parcela de experimentación del CNEA y fueron aclimatadas por un mes bajo las condiciones que se describen a continuación.

Condiciones experimentales

Para la realización del experimento se diseñaron dos grupos experimentales de 15 plantas cada uno. Grupo experimental 1: plantas cultivadas con agua sin tratamiento magnético (control). Grupo experimental 2: plantas cultivadas con agua tratada con CME. Los parámetros físicos, físicos-químicos y químicos de los extractos derivados, fueron determinados a ambos grupos experimentales.

Para el tratamiento magnético del agua de riego, se utilizó un dispositivo exterior de imanes permanentes no homogéneos, con gradiente medio en un rango de inducción de 100–150 mT. Estos fueron diseñados, construidos y estandarizados en el CNEA [8]. El riego fue por un sistema microjet que se caracteriza por tener entre sus accesorios una bomba ITUR, un sistema distribuidor, controlado por válvulas que garantizaron que el riego se realice por secciones, con una velocidad de 1,4 – 1,6 m.s⁻¹ y un caudal de la bomba: 2,54 – 2,91 m³.h⁻¹.

La investigación se desarrolló en la parcela de experimentación del CNEA. El riego se realizó una vez al día, en el horario comprendido entre 8:00 y 9:00 A.M, por 30 min, facilitando así el proceso de transpiración. En este mismo horario se midió la

iluminación natural con un fotómetro y fue del 60 %, la temperatura de 28 ± 2 °C y humedad relativa entre 55 y 60 %.

El sustrato utilizado estaba compuesto por una mezcla de tierra y el 4,3 % de materia orgánica. El mismo se caracterizó por la presencia de trióxido de difosforo (P_2O_3): 49 mg.L⁻¹, óxido de potasio (K_2O): 55,2 mg.L⁻¹, óxido de magnesio (MgO): 12,09 mg.L⁻¹. El agua de riego se analizó en el Laboratorio de Química del CNEA y mostró una dureza cálcica de 144,6 mg.L⁻¹; dureza magnésica: 79,95 mg.L⁻¹; dureza total: 224,5 mg.L⁻¹. La composición mineral fue: hidrógenocarbonato (HCO_3^-): 261,2 mg.L⁻¹; iones cloruro (Cl): 33,18 mg.L⁻¹; con un pH de 7,5 y una conductividad eléctrica de 0,25mS.cm⁻¹.

Recolección y procesamiento del material vegetal

El material vegetal recolectado fueron plantas adultas que estaban en la fase final de su crecimiento antes de iniciar su etapa de floración [7]. Se recogieron en el horario comprendido entre las 9:00 y 10:00 AM.

Se escogió el método de secado a la sombra porque en estudios anteriores se demostró que no existen diferencias significativas entre el secado en estufa hasta 60 °C, secado al sol y a la sombra [9]. La misma se realizó según la guía metodológica para el estudio de secado de plantas medicinales [10]. Una vez seca la droga (hojas secas), fue triturada en un molino de cuchilla previamente tarado, modelo ERWEKA KM-700- KNIFE, Rusia, y se obtuvo un tamaño de partícula aproximadamente de hasta 3 mm.

Para la preparación de los extractos se pesaron 20 g de droga seca, fraccionada y se disolvió en un volumen de mensturo, equivalente a diez veces el peso de la droga (200 mL). El esquema de trabajo que se propone utiliza la extracción sucesiva con solventes de polaridad creciente (*n*-hexano, etanol y agua), con la finalidad de lograr el mayor agotamiento de la droga, determinándose para cada extracto (*n*-hexánico, etanólico y acuoso) los metabolitos que de acuerdo a su solubilidad puedan ser extraídos [10]. Al extracto en el que se obtuvo un mayor valor de sólidos totales, se le realizó una determinación cuantitativa de parámetros químicos como: fenoles, flavonoides y carbohidratos totales.

Determinación de requisitos organolépticos

Determinación del olor: Se tomó una tira de papel secante de aproximadamente 1 cm de ancho por 10 cm de longitud y se introdujo un extremo en la muestra de ensayo. Se olió y se determinó si correspondía con las características del producto [10].

Determinación del color: Se tomó un tubo para ensayos bien limpio y seco, se llenó hasta las tres cuartas partes con la muestra de ensayo y se observó el color, la transparencia, la presencia de partículas y la separación en capas. [10].

Determinación de sólidos totales

De la muestra de ensayo previamente homogenizada, se transfirieron 5 mL a una cápsula de porcelana limpia, seca y previamente tarada. Se colocó en un baño de agua y se evaporó hasta que el residuo estuviera aparentemente seco. Posteriormente se calentó en estufa a 105 ± 2 ° C, durante 3 h. Se retiró la cápsula de la estufa, se colocó en una desecadora hasta que alcanzó la temperatura ambiente y se pesó. El proceso anterior se repitió, pero empleando solo 60 min de secado, hasta obtener una masa constante. El ensayo se realizó por triplicado según establece la Norma Ramal de Salud Pública 312/91 [11].

Los sólidos totales (St) se calcularon mediante la ecuación 1:

$$St = \frac{Pr - P}{V \cdot 100} \quad (1)$$

donde:

Pr es la masa de la cápsula más el residuo (g)

P es la masa de la cápsula vacía (g)

V es el volumen de la porción de ensayo (mL)

100 es un factor matemático

Determinación del pH

Se determinó según la Norma Ramal de Salud Pública 312/91 [11].

Determinación de fenoles totales

Para la cuantificación química de fenoles totales se empleó método colorimétrico, con el reactivo de Folin-Ciocalteu, registrando los valores de absorbancia a 760 nm. Se utilizó

un Espectrofotómetro Genesys 10 UV, de procedencia estadounidense. Los resultados se expresaron en base a ácido gálico, utilizando una curva de calibración en el rango 0,004 a 0,024 mg.mL⁻¹ y la ecuación 2 [12].

$$C_{\text{Extracto}} = C_{\text{Equiv. ácido gálico}} \cdot F_{\text{dilución}} \quad (2)$$

donde:

C_{Extracto} es la concentración del extracto

C_{Equiv. Ácido gálico} es la concentración equivalente de ácido gálico

F_{dilución} es el factor matemático de dilución

La concentración de los extractos, expresada como equivalente de ácido gálico, se calcula a partir de la ecuación del modelo ajustado obtenido de la curva de calibración y se calcula a través del STATGRAPHICS Plus, para Windows versión 5.1.

Determinación de flavonoides totales

La determinación de los flavonoides totales se realiza por método colorimétrico. Se tomó 250 µL de los extractos acuoso y etanólico, los cuales fueron mezclados con 1 mL de agua destilada y 75 µL de nitrato de sodio al 5 %. Luego se le añadió 150 µL de cloruro de aluminio (III) y después de transcurridos 6 min, se le añadió 500 µL de hidróxido de sodio 1 Mol/L y 275 µL de agua destilada. La disolución se mezcló bien y se leyó a 510 nm en un espectrofotómetro T60-U UV visible, de procedencia alemana. Los resultados se expresaron como µg catequina por mL del extracto, a partir de curva de calibración obtenida para dicho compuesto, en el intervalo de 0,1 a 1 µgmL⁻¹ [13].

La concentración de los extractos, expresada como equivalente de catequina, se calcula a partir de la ecuación del modelo ajustado obtenido de la curva de calibración y se calcula a través del STATGRAPHICS Plus, para Windows versión 5.1.

Determinación de carbohidratos totales

Se realizó empleando el método colorimétrico con fenol-sulfúrico. Se mide la absorbancia a 485 nm, en un espectrofotómetro Genesys 10 UV. Los resultados se expresaron como D-glucosa, utilizando curva de calibración en el intervalo entre 12,5 y 50,0 µg.mL⁻¹ [14]. La concentración de los extractos, expresada como equivalente de D-glucosa, se calcula a partir de la ecuación del modelo ajustado obtenido de la curva

de calibración y se calcula a través del STATGRAPHICS Plus, para Windows versión 5.1.

Procesamiento de los resultados y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres réplicas y se aplica la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar si los datos tienen distribución normal y verificar la homogeneidad de las varianzas. Se realizó análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA siglas en Inglés) y para las comparaciones de dos muestras se empleó la prueba de t Student, con un nivel de significación de $p < 0,05$, mediante el Statgraphics Centurium XV, para Windows, el Basic Statistics, el Microsoft Office Excel 2010.

Resultados y discusión

En la tabla 1 se exponen los resultados alcanzados para los extractos objeto de análisis. Las características organolépticas de los extractos acuosos, etanólicos y de n-hexano, obtenidos de plantas cultivadas con agua tratada con CME y el control, son homogéneos. Todos mantuvieron color verde oscuro y olor característico. Los valores de pH de todos los extractos se mantuvieron ligeramente ácidos.

TABLA 1. VALORES MEDIOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS

Grupo	Extracto n-hexano		Extracto etanólico		Extracto acuoso	
	(Control)	(CME)	(Control)	(CME)	(Control)	(CME)
Características organolépticas	Color: Verde oscuro Olor: característico Homogeneidad		Color: Verde oscuro Olor: característico Homogeneidad		Color: Verde oscuro Olor: característico Homogeneidad	
Sólidos totales (g100mL ⁻¹)	8,48± 0,01f	9,64± 0,01*e	11,75± 0,01d	14,85± 0,01*c	15,99± 0,01b	20,19± 0,01*a
pH	4,12± 0,01d	4,27± 0,01d	4,85± 0,2b	4,97± 0,01b	5,12± 0,01 a	5,27± 0,01a

Control: extracto de plantas cultivadas con agua sin tratamiento magnético; **(CME):** extracto de plantas cultivadas con agua tratada con campo magnético estático. Valores medios ± DS. (*) denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$. Prueba Anova simple, test-Tuckey).

Al analizar los resultados de pH obtenido para cada grupo del mismo solvente se observó similar comportamiento, por lo que no existieron diferencias significativas en el carácter ácido –básico de los extractos del mismo solvente para un $p < 0,05$. Sin embargo en relación a los valores de pH obtenidos entre los grupos con diferentes solventes, existieron diferencias estadísticamente significativas para un intervalo de

confianza del 95 %. Siendo los valores del solvente acuoso superiores, seguidos por los valores del extracto etanólico y n-hexánico.

En todos los casos, los extractos de plantas cultivadas con agua tratada con CME tuvieron mayor valor de pH, que las del tratamiento control. Se debe señalar que los valores de pH fueron disminuyendo, según fue aumentando la polaridad del solvente, lo que confirma la extracción de diferentes sustancias.

Los valores de pH ligeramente ácidos, indican la existencia de cierto balance entre las cantidades de compuestos ácidos y básicos, o que la mayoría de estos poseen un comportamiento neutro, lo que provoca una reducción de la catálisis ácida o básica que, habitualmente, es la principal causa de la degradación hidrolítica de los principios activos.

Esta ligera acidez en el caso de los extractos n-hexano y etanólicos, permite una mejor estabilidad y conservación en el tiempo, lo que constituye una garantía de la calidad y seguridad del producto, con vista a investigaciones dirigidas a la comprobación de sus propiedades biológicas.

Para los sólidos totales de los extractos obtenidos con el solvente n-hexano, a partir de las plantas cultivadas con agua tratada con CME y para el tratamiento control, presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$), siendo el menor valor de 9,64 g/100 mL y para el control de 8,48 g/100 mL, respectivamente. Seguido de los extractos etanólicos obtenidos de las plantas cultivadas con agua tratada (14,85 g/100 mL) y control (11,75 g/100 mL).

Los extractos acuosos presentaron los valores más altos en las concentraciones de los sólidos totales, para el tratamiento control fueron de 15,99 g/100 mL y para el tratamiento con campo magnético fueron de 20,19 g/100 mL. El análisis estadístico arrojó que existen diferencias estadísticamente significativas entre todos los extractos, obteniéndose el mayor valor para el extracto acuoso obtenido de plantas cultivadas con agua tratada con CME, existiendo una diferencia de 4,20 g/100 mL, con respecto al extracto acuoso obtenido del tratamiento control (tabla 1). Se demuestra que el agua tratada con CME favorece la extracción de los sólidos totales para los tres solventes, aunque para el extracto acuoso se observó la mejor extracción, lo que demuestra la naturaleza polar de los compuestos extraídos. Este resultado está en correspondencia con los obtenidos en el ensayo de sustancias solubles para la droga vegetal.

Fenoles totales

En la tabla 2 se exponen los resultados de la concentración de fenoles, flavonoides y carbohidratos totales obtenidos a partir del extracto acuoso de *Origanum majorana* L. cultivado con agua tratada con CME y control.

TABLA 2. CONCENTRACIÓN DE FENOLES, FLAVONOIDES Y CARBOHIDRATOS TOTALES DEL EXTRACTO ACUOSO DERIVADO DE *Origanum majorana* L. CULTIVADA CON AGUA TRATADA CON CAMPO MAGNÉTICO ESTÁTICO

Tratamientos	fenoles totales ($\mu\text{g}100\text{mL}^{-1}$)	flavonoides ($\mu\text{g}100\text{mL}^{-1}$)	carbohidratos ($\mu\text{g}100\text{mL}^{-1}$)
(control)	$5,64 \pm 0,04$	$49,25 \pm 0,012$	$69,36 \pm 0,02$
(CME)	$7,25 \pm 0,02^*$	$59,33 \pm 0,02^*$	$85,19 \pm 0,02^*$

Control): extracto acuoso de plantas cultivadas con agua sin tratamiento magnético; **(CME):** extracto acuoso de plantas cultivadas con agua tratada con campo magnético estático. Valores medios \pm DS. (*) denotan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$. t Student).

Para la concentración de los fenoles totales el análisis estadístico precisó que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos ($p < 0,05$). El mayor valor se obtuvo en las plantas cultivadas con agua tratada con CME con $7,25 \mu\text{g}/100 \text{ mL}$, siendo superior en $1,6 \mu\text{g}/100\text{mL}$ al control. En plantas de *Triticum* sp. (trigo) tratada con campo magnético, se favorece un incremento significativo del contenido del indol y fenol; en comparación con las plantas control [15].

Otros trabajos, reportados para la especie *Rosmarinus officinalis* L., demostraron que los extractos obtenidos de las plantas irrigadas con agua tratada con campo magnético estático, presentaron mayor concentración de fenoles totales que para los extractos del tratamiento control [16].

Similar comportamiento se reportó para la especie *Solanum lycopersicum* L., donde se demuestra un incremento de la concentración de fenoles en los extractos acuoso, derivado de las plantas irrigadas con agua tratada con CME, en un rango de inducción de 50 - 150 mT [17].

Estos resultados evidencian, que el empleo del campo magnético en el agua de riego, puede estimular la producción de los compuestos fenólicos bioactivos, lo que podría potenciar su actividad antioxidante [16-17].

Las bases teóricas de la acción de los campos magnéticos en el crecimiento de las plantas son complejas. Sin embargo, se ha demostrado su acción en la estimulación de la morfología, fisiología y bioquímica vegetal [18].

Esto puede estar relacionado con lo reportado para la especie *Solanum lycopersicum* L. donde se demostró que los campos magnéticos pulsantes generan estrés físico, ya que pueden influenciar a las plantas para que sinteticen mayor cantidad de metabolitos secundarios; a través de la expresión de la enzima fenilamonioliasa (PAL), la cual es la encargada de la síntesis de fenoles y flavonoides de interés biológico y medicinal [19].

Diversos investigadores han reportado la presencia de compuestos fenólicos en el extracto hidroetanólico de la especie *Origanum majorana* L como son: ácidos vanílico, gálico, ferúlico, cafeico, jerárquico, hidroxibenzoico, cumárico, eoclorógeno, protocatequídico, clorogénico, criptoclorógeno y caftárico [20].

Estudios realizados por diferentes autores reportaron la presencia de la arbutina, metilarbutina, vitexina y orientinimonina, como los glicósidos fenólicos más predominantes en el aceite esencial de la mejorana. También se han reportado la presencia de otros compuestos en el aceite esencial, por ejemplo los ácidos:rosmarínico, sinápico, vanílico, ferúlico, caféico, jerárquico, *p*-hidroxibenzoico y *m*-hidroxibenzoico y cumarínico [21, 12]. Todos estos compuestos demostraron la significativa actividad antioxidante que poseen los extractos acuosos, etanólicos, de n-hexano y del aceite esencial obtenido a partir de los órganos vegetativos de la especie.

Flavonoides totales

Los resultados obtenidos de la concentración de flavonoides totales del extracto acuoso, derivado de las plantas cultivadas con agua tratada con CME fue de 59,33 µg/100 mL y de 49,25 µg/100 mL para el extracto acuoso obtenido del tratamiento control. El análisis estadístico arrojó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos ($p < 0,05$) (tabla 2).

En estudios realizados por Vallverdu en 2015 reportaron la presencia de compuestos como el kaempferol y la naringinina en los extractos acuosos obtenidos de plantas de *Origanum majorana* L. [20]. También se notificaron la presencia de la luteolina y apigenina en el aceite esencial. Todos estos compuestos poseen propiedades antimicrobianas, anticancerígenas y disminuyen el riesgo de enfermedades cardíacas [20, 2].

Mossa y colaboradores en el año 2011 reportó la presencia de flavonoides en los extractos etanólicos derivados de la especie *Origanum majorana* L. entre los que se encuentran hesperetina, catequina y quercetina [21]. Así mismo se reportó la presencia

de otros compuestos, como kaempferol, naringenina, eriodictol, diosmetina, luteolina y apigenina, como los flavonoides más abundantes. También se identificaron el kaempferol-3-O-glucósido, quercetina-3-O-glucósido, naringenina-O-hexósido y rutina como glucósidos flavonoides [21, 12, 22].

Si comparamos los resultados obtenidos para la especie cultivada con agua tratada con CME, con los determinados para la especie *Solanum lycopersicum* L. se observó similar comportamiento. Se obtuvo un incremento en la concentración de los metabolitos secundarios como: polifenoles, flavonoides y ácidos orgánicos; en los extractos de las plantas irrigadas con agua tratada con campo magnético estático, en un rango de inducción magnética de 20 - 200 mT, con respecto al extracto obtenido de las plantas control, lo que incidió positivamente en sus propiedades antioxidantes, y potenció su actividad nutracéutica [17].

Resultados similares se reportaron para las plantas de *Soja* sp. irrigadas con agua tratada magnéticamente, donde se obtuvo un aumento en las concentraciones de las proteínas, fenoles y flavonoides [19].

Varios estudios reflejan que la actividad inhibidora contra diversos microorganismos patógenos como *Beneckea natriegens*, *Erwinia carotovera*, *Moraxella* sp., *Aspergillus* sp, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* se debe a la presencia de los fenoles, flavonas y flavonoides. Los flavonoides y fenoles aislados en los diferentes extractos en conjunto con lo monoterpénos aislados del aceite esencial de la especie *Origanum majorana* L. son los encargados de la fuerte actividad antimicrobiana reportada [24, 23, 25, 26].

Carbohidratos totales

Los carbohidratos y proteínas participan en la síntesis de productos químicos y proporcionan la formación de estructuras a nivel celular dentro del metabolismo primario [27].

En la tabla 2 se exponen los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de los carbohidratos totales para los extractos acuosos de plantas de la especie *Origanum majorana* L cultivada con agua tratada con campo magnético estático. El análisis estadístico demostró que existieron diferencias estadísticamente significativas con respecto al tratamiento control para un nivel de confianza del 95 %,

donde el valor mayor se obtuvo en las plantas cultivadas con agua tratada con campo magnético estático, con un aumento de 10,08 $\mu\text{g}/100\text{mL}$

Resultados similares fueron reportados en la especie *Coffea arabica* L. var. (Caturra rojo), con la aplicación de un tratamiento electromagnético a embriones durante su establecimiento in vitro. Se obtuvo un incremento de forma significativa en el contenido de carbohidratos totales con respecto a los embriones que no fueron tratados [28].

Estudios realizados para la especie *Vicia faba* L. mostraron el mismo comportamiento ya que las concentraciones de los carbohidratos totales aumentaron considerablemente al tratar el agua de riego de las plantas con campo magnético. Esto indujo un efecto positivo que favoreció cambios fisiológicos en la raíz de la especie, lo que se tradujo en una mayor asimilación de los nutrientes por la planta, una mejor eficiencia fotosintética y contenido nutricional en la especie [29].

Gómez en el año 2011, reportó que el uso del campo magnético puede inducir una elevada tasa de asimilación del nitrógeno y del carbono total, produciendo una mayor concentración de estas macromoléculas en los extractos de *Chlorella vulgaris*, lo que permitió favorecer el mantenimiento de la viabilidad y el crecimiento celular [30].

Similar comportamiento se obtuvo para la especie *Zea mays* L., donde se planteó un incremento en las concentraciones de pigmentos fotosintéticos, proteínas y carbohidratos en la germinación, a partir de embriones tratados con campo magnético [31].

En diferentes especies de Cyanobacterias se demostró que los campos magnéticos tienen efecto positivo sobre el metabolismo e influyen en los procesos, como la síntesis de carbohidratos, pigmentos, acumulación de aminoácidos esenciales y actividad fermentativa [32].

Si se comparan los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de carbohidratos presentes en el extracto acuoso de *Origanum majorana* L. cultivada con agua tratada con CME, con los reportados para diferentes especies herbáceas, existe un comportamiento similar. Esto podría estar relacionado además, con el efecto del agua de riego y con la composición del sustrato donde se desarrollaron las plantas [33].

Diversos estudios han señalado la variabilidad de los compuestos presentes en las especies, y como estos pueden ser susceptibles a diferentes factores, como las condiciones del cultivo, composición química, y la expresión de las diferentes

actividades farmacológicas; lo que está mayormente correlacionado con factores intrínsecos (de la genética de la especie y la edad de la planta), y factores extrínsecos como el clima, condiciones del cultivo y área geográfica); así como, por el método de obtención [34].

Conclusiones

*Los extractos n-hexano, etanólico y acuoso obtenidos de cada grupo experimental (Control y CME) mostraron semejantes características organolépticas. La mayor concentración de los sólidos totales se alcanzó para el extracto acuoso obtenido de las plantas cultivadas con CME. El empleo de los campos magnéticos estáticos constituye una alternativa para potenciar las propiedades etnofarmacológicas de los extractos derivados de la especie *Origanum majorana L.*, ya que se demostró la influencia positiva de los mismos en la concentración de sus metabolitos secundarios biológicamente activos. Este estudio farmacognóstico constituye un paso importante para arribar a conclusiones respecto a la factibilidad biológica y económica de esta tecnología.*

Referencias Bibliográficas

1. GARCÍA N. M. N. *Saber hacer sobre plantas medicinales*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1995.
2. BINA, F.; RAHIMI, R. "Sweet Marjoram: A Review of Ethnopharmacology, Phytochemistry, and Biological Activities". *Journal of evidence-based complementary & alternative medicine*. 2017, **22** (1), 175-185. ISSN: 1741-4288
3. SIERRA PÉREZ, R.; GONZÁLEZ CANAVACIOLO, V. L.; MARRERO DELANGE, D.; RODRÍGUEZ LEYES, E. A. "Lamiaceae: una revisión sobre sus efectos neurofarmacológicos y su presencia en Cuba". *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 2013, **44** (1),124-127. ISSN:2221-2450
4. MAFFEI, M. E. "Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution". *Frontiers in Plant Science, Plant Physiology*. 2014, **5**, 445- 460. ISSN: 1664-462X.
5. PANG, X. F. "The Experimental Evidences of the Magnetism of Water by Magnetic-Field Treatment. Applied Superconductivity". *IEEE Transactions on* 2014, **24** (5), 1-6. ISSN: 0018-9359.

6. SOCORRO, A.; GARCÍA, F. "Simulation of magnetic field effect on a seed embryo cell". *International Agrophysics*, 2012, **2** (2), 229-235, ISSN 2300-8725.
7. FIALLO, V. R. F.; ALFONSO, T. J. C. "Estudios fenológicos en plantas medicinales. XIV". *Rev. Cubana Plant. Med.* 1998, **3** (1), 12-17, ISSN 1028-4796.
8. GILART, F. *et al.* "High flow capacity devices for anti-scale magnetic treatment of water". *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2013, **70**, 211-216. ISSN: 0255-2701
9. SÁNCHEZ, G. L.; CARBALLO, G. C.; RODRÍGUEZ, F. C. A. "Investigaciones farmacognósticas en *Origanum majorana* L.". *Rev. Cubana Plant. Med.* 2004, **9** (1), 1- 7, ISSN 1028- 4796.
10. OCHOA, A. P.; LÓPEZ, T. G.; COLOMBAT, M. R. *Farmacognosia y Química de los Productos Naturales*. Monografía. Editado en CD-ROM ISBN 959- 207-012- ISBN959-207-049-0, 2002: 15-30. MINSAP, M. d. S. P., Dirección Nacional de Farmacias.
11. MINSAP *Norma Ramal de Salud Pública (NRSP) 312. Extractos fluidos y Tinturas. Métodos de ensayos*. 1991, **1** (5).
12. ERENLER, R. *et al.* "Isolation and identification of chemical constituents from *Origanum majorana* and investigation of antiproliferative and antioxidant activities". *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016, **96** (3), 822-836, ISSN: 1097-0010.
13. ZHISHEN J.; M., T.; JIANMING, W. "The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals". *Food chemistry*. 1999, **64** (4), 655- 659, ISSN: 0308-8146
14. DUBOIS, M. *et al.* "Colorimetric method for determination of sugars and related substances". *Analytical Chemistry*, 1956, **28**, 6328-6341. ISSN: 1520-6882.
15. HOZAYN, M.; QADOS, A. A. "Magnetic water application for improving wheat (*Triticuma estivum* L.) crop production". *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2010, **1** (4), 677-682. ISSN: 2151-7525
16. BOIX, Y. F.; ALEMÁN, E. I.; DUBOIS, F. A. E.; BOTTA, A. M. "Riego con agua tratada magnéticamente en *Rosmarinus officinalis* L. (romero) como

- alternativa en la propagación convencional”. *Centro Agrícola*. 2008, **35** (1), 23-27, ISSN: 0253-5785
17. DUBOIS A. E. F.; LEITE G. O.; ROCHA J. B. T. “Irrigation of *Solanumlycopersicum* L. with magnetically treated water increases antioxidant properties of its tomato fruits”. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2013, **32** (3), 355-362. ISSN: 1536-8386.
18. JAIME, A.; TEIXEIRA DA SILVA, J. D. “Impact of magnetic water on plant growth”. *Environmental and Experimental Biology*. 2014,12, 137–142, ISSN: 0098-8472.
19. DUBOIS, F. *et al.* “Contenido de polifenoles en *Solanumlycopersicum* L. bajo la acción de un campo magnético estático”. *Cultivos Tropicales*. 2016, **37**, 142-147, ISSN 1819-4087.
20. VALLVERDU QUERALT A, R. J.; RINALDI ALVARENGA, J. F. *et al.* “Characterization of the phenolic and antioxidant profiles of selected culinary herbs and spices: caraway, turmeric, dill, mar-joram and nutmeg”. *Food SciTechnol, Campinas*. 2015, **35** (1), 189-195, ISSN 1678-457X.
21. MOSSA, ABDEL TAWAB H. *et al.* Amelioration of prallethrin-induced oxidative stress and hepatotoxicity in rat by the administration of *Origanum majorana* essential oil. *BioMed research international*, 2013, **2013**, 11. ISSN: 2314-6141
22. CHARLES, D. J. Antioxidant properties of spices, herbs and other sources. Berlín: *Springer Science & Business Media*, 2012.
23. GÜRSUL I., GUEVEN A.; GROHMANN, A.; KNORR, D. “Pulsed electric fields on phenylalanine ammonia lyase activity of tomato cell culture”. *Journal of Food Engineering*. 2016, **188**, 66-76. ISSN: 0260-8774
24. HUSSAIN, A. I. *et al.* “Composition, antioxidant and chemotherapeutic properties of the essential oils from two *Origanum* species growing in Pakistan”. *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 2013, **21** (6), 943-952. ISSN 1981-528.
25. GUERRA. B. L.; ALVAREZ. R. R.; SALAZAR. A. R. “Antimicrobial and antioxidant activities and chemical character-ization of essential oils of *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, and *Origanum majorana* from northeastern”.

- Mexico. *Pakistan journal of pharmaceutical science*. 2015, **28**, 363-369. ISSN: 101160.
26. RAMOS, S.; ROJAS, L. B.; LUCENA, M. E.; MECCIA, G.; USUBILLAGA, A. "Chemical composition and antibacterial activity of *Origanum majorana* L. essential oil from the venezuelan Andes". *Journal of Essential Oil Research*. 2011, **23** (5), 45-49. ISSN: 10412905.
27. TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. *Plant Physiology and Development. Sixth*. California, USA: Sinauer Associates, Incorporated, 2015.
28. ALEMÁN, E. I.; DUBOIS, A. F.; BOIX, Y. F. "Efecto de la aplicación de un campo electromagnético sobre el contenido de proteínas solubles y carbohidratos de embriones cigóticos de *Coffea arabica* L. cultivados in vitro". *Biotecnología Vegetal*. 2010, **10** (1).73-79, ISSN: 2074-8647.
29. EL SAYED, H. E. S. A. "Impact of magnetic water irrigation for improve the growth, chemical composition and yield production of broad bean (*Vicia faba* L.) plant". *American Journal of Experimental Agriculture*. 2014, **4** (4), 476-483. ISSN: 2231-0606.
30. GÓMEZ, H. A.; GONZÁLEZ, K. N.; MEDINA, J. D. "Actividad Antiinflamatoria de Productos Naturales". *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 2011, **10** (3).182- 217. ISSN: 0717-7917.
31. ANANTA VASHISTH, S. N. "Growth characteristics of maize seeds exposed to magnetic field". *Bioelectromagnetics*. 2017, **38** (2), 151-157, ISSN: 01978462.
32. HUNT, R. W.; A. ZAVALIN, A.; BHATNAGAR, S.; CHINNASAMY, K.; DAS C.. "Electromagnetic biostimulation of living cultures for Biotechnology, Biofuel and Bioenergy applications". *International Journal of Molecular Science*. 2009, **10** (11), 4515- 4558, ISSN: 14220067.
33. DE OLIVEIRA JOAQUIM, E. *et al.* "Diversity of reserve carbohydrates in herbaceous species from Brazilian campo rupestre reveals similar functional traits to endure environmental stresses". *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 2017. 236, 201- 209, ISSN: 03672530.
34. MIRANDA. M.; CUÉLLAR, A. *Farmacognosia y Productos Naturales*. Ciudad La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela, 2001.