



POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS

6° Foro en Ciencias Químicas y Bioquímicas

Libro de Resúmenes

8 y 9 de Diciembre de 2014
Facultad de Química-UADY, Mérida, Yucatán

6° Foro en Ciencias Químicas y Bioquímicas

POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS

8 y 9 de Diciembre de 2014
Facultad de Química-UADY, Mérida, Yucatán

Libro de Resúmenes

Comité Organizador

Coordinador

Dr. Julio César Sacramento Rivero

Miembros del Comité Académico del PICQB

Dr. Rubén Marrero Carballo

Dr. Cristian Carrera Figueiras

Dr. David A. Betancur Ancona

Dr. Rolffy Rubén Ortiz Andrade

Disponible en:

www.picqb.uady.mx

picqb@uady.mx

6° FORO DE CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS

Facultad de Química
8 de diciembre de 2014

PROGRAMA

Hora	Salón de Cómputo de la Facultad de Química
9:00 – 10:00	Ceremonia de Inauguración Dra. Zulema Osiris Cantillo Ciau Directora, Facultad de Química
10:00 – 11:00	Conferencia Plenaria Dr. Jorge Luis Ble Castillo , Universidad Autónoma de Tabasco "Efectos benéficos del almidón de banano en la diabetes"

Hora	Salón de Cómputo Modera: M. en C. Mario Ramírez Camacho
11:00 – 11:50	M.C.A. Norma Angélica Ciau Solís Doctorado "Actividad inhibitoria del sistema renina-angiotensina de fracciones peptídicas derivadas de la hidrólisis enzimática de proteínas de frijol lina (<i>Phaseolus lunatus</i>)" Directora: Dra. Maira Segura Campos, FIQ-UADY
11:50 – 12:40	I.Q. Henry Adrián Arceo Ruiz Maestría "Evaluación de dos catalizadores heterogéneos de estructuras metal-orgánicas (mof-zny mof-co) sobre la producción de biodiesel" Director: Dr. Alejandro Zepeda Pedreguera, FIQ-UADY
12:40 – 13:30	M. en C. Irma Isela Aranda González Doctorado "Determinación del contenido de glucósidos derivados de esteviol presentes en variedades de <i>S. rebaudiana</i> Bertoni cultivadas en México y evaluación de sus efectos hipoglucemiantes y antihiperoglucemiantes en modelos animales" Directores: Dra. Beatriz Moguel Ordoñez, INIFAP y Dr. David Betancur Ancona, FIQ-UADY
13:30 – 14:30	Receso
14:30 – 15:20	M. en C. Trinidad Eugenia Cú Cañeta Doctorado "Actividad antihipertensiva de fracciones peptídicas derivadas de la hidrólisis enzimática proteínica de frijol Caupí (<i>Vigna unguiculata</i>)." Director: Dr. Luis Antonio Chel Guerrero, FIQ-UADY
15:20 – 16:10	I.F. Thelmy Dione Cú Martínez Maestría "Estudio de la factibilidad de la reacción Diels-Alder para la formación de aductos bicíclicos de ocho miembros en Celastraceas" Directores: Dr. Ramiro Quijano Quiñones y Dr. Gonzalo Mena Rejón, FQ-UADY
	Las evaluaciones con el comité tutorial de las presentaciones de este salón se realizarán en el cubículo 24

6° FORO DE CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOQUÍMICAS

Facultad de Química
9 de diciembre de 2014

PROGRAMA

Hora	Salón de Cómputo de la Facultad de Química
9:00 – 10:00	<p>Conferencia Plenaria Dr. Robert Handler, Michigan Technological University “Biofuels Sustainability Research at Michigan Technological University”</p>

Hora	Salón de Cómputo Modera: Dr. Tania Coral Martínez	Salón Audiovisual 1 Modera: Dr. Julio César Torres Romero
10:00 – 10:50	<p>L.N. Edwin Enrique Martínez Leo Maestría “Evaluación de la resistencia del hidrolizado y fracciones peptídicas de frijol Terciopelo (<i>M. pruriens</i>) con actividad antioxidante y antiinflamatoria, a la acción de fluidos gastrointestinales” Directores: Dra. Maira Segura Campos, FIQ-UADY y Dr. Juan José Acevedo Fernández, FM-UAEMor</p>	<p>Q.I. Janice Azucena Chuc Koyoc Maestría “Capacidad antioxidante e inhibitoria de la enzima convertidora de la angiotensina i de las proteínas hidrolizadas del pez León (<i>Pterois volitans</i> L.)” Directores: Dr. Luis Chel Guerrero, FIQ-UADY y Dr. Santiago Gallegos Tintore, FIQ-UADY</p>
10:50– 11:40	<p>M. en C. Alma Cecilia Morales Juárez Maestría “Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP’s) dentro del proceso de tratamiento de lodos activados en aguas residuales y lodos.” Directores: Dra. María del C. Ponce Caballero FI-UADY y Dr. Germán Giacomán Vallejos, FI-UADY</p>	<p>I.Q. Ulil Us Medina Maestría “Microencapsulación de aceite de chía (<i>Salvia Hispánica</i>) con potencial nutracéutico” Directora: Dra. Maira Segura Campos, FIQ-UADY</p>
11:40 – 12:30	<p>M. en C. Jorge Froylán Xool Tamayo Doctorado “Estudio del transcriptoma de <i>Argemone Mexicana</i> y su relación con la biosíntesis de alcaloides bencilisoquinolínicos” Directores: Dr. Gumersindo Mirón López FQ-UADY y Dr. Felipe Vázquez Flota, CICY</p>	<p>M. en C. Viridiana Olvera Hernández Doctorado “Estudio del almidón modificado de banano enano gigante (<i>Musa Cavendish</i>) y sus efectos metabólicos en ratas” Directores: Dr. Arturo Castellanos Ruelas, FIQ-UADY y Dra. Maira Segura Campos, FIQ-UADY</p>
12:30 – 13:20	<p>M. en C. William Alejandro Talavera Pech Doctorado “Encapsulación de compuestos anticáncer en partículas mesoporosas de silicio recubiertas con un poli (β-amino éster) sensible a pH” Directores: Dr. Alejandro Ávila Ortega, FIQ-UADY y Dra. Adriana Esparza Ruiz, FIQ-UADY</p>	<p>I.B.Q. Alma Karina Tzec Nahuat Maestría “Determinación del efecto hipotensor e hipoglucemiante de <i>Chrysohyllum cainito</i> en modelos farmacológicos” Directores: Dra. Amanda Sánchez Recillas, FQ-UADY y Dr. Rolfy Ortiz Andrade, FQ-UADY</p>

13:20 – 14:20		Receso	
14:20 – 15:10	M. en C. Freddy Segundo Navarro Pineda Doctorado “Diseño y evaluación de una biorrefinería de aprovechamiento integral de <i>Jatropha curcas</i> usando criterios de sostenibilidad” Directores: Dr. Julio Sacramento Rivero, FIQ-UADY y Dr. Robert Handler, Michigan Technological University	M. en C. Rolando David Cáceres Castillo Doctorado “Síntesis biomimética asistida por microondas de dímeros triterpénicos” Directores: Dr. Gonzalo Mena Rejón, FQ-UADY y Dr. Ángel Díaz Ortiz, Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas, Universidad de la Castilla-La Mancha.	
	Las evaluaciones con el comité tutorial de las presentaciones de este salón se realizarán en el cubículo 24	Las evaluaciones con el comité tutorial de las presentaciones de este salón se realizarán en el cubículo 25	

Hora	Salón de Cómputo de la Facultad de Química
14:20 – 15:10	Ceremonia de Clausura Dra. Marcela Zamudio Maya Directora, Facultad de Ingeniería Química

CONTENIDO

PRESENTACIONES ORALES

Estudiante	Título del Trabajo	Página
M.C.A. Norma Angélica Ciau Solís	Actividad inhibitoria del sistema renina-angiotensina de fracciones peptídicas derivadas de la hidrólisis enzimática de proteínas de frijol lima (<i>Phaseolus lunatus</i>).	9
I.Q. Henry Adrián Arceo Ruiz	Evaluación de dos catalizadores heterogéneos de estructuras metal-orgánicas (MOF-ZnY MOF-Co) sobre la producción de biodiesel.	11
M. en C. Irma Isela Aranda González	Determinación del contenido de glucósidos derivados de esteviol presentes en variedades de <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni cultivadas en México y evaluación de sus efectos hipoglucemiante y antihiperglucemiante en modelos animales.	13
M. en C. Trinidad Eugenia Cú Cañeta	Actividad antihipertensiva de fracciones peptídicas derivadas de la hidrólisis enzimática proteínica de frijol Caupí (<i>Vigna unguiculata</i>).	15
I.F. Thelmy Dione Cú Martínez	Estudio de la factibilidad de la reacción Diels-Alder para la formación de aductos bicíclicos de ocho miembros en Celastraceas.	17
L.N. Edwin Enrique Martínez Leo	Evaluación de la resistencia del hidrolizado y fracciones peptídicas de frijol terciopelo (<i>M. pruriens</i>) con actividad antioxidante y antiinflamatoria, a la acción de fluidos gastrointestinales	19
Q.I. Janice Azucena Chuc Koyoc	Capacidad antioxidante e inhibitoria de la enzima convertidora de la angiotensina i de las proteínas hidrolizadas del pez León (<i>Pterois volitans</i> L.).	21
M. en C. Alma Cecilia Morales Juárez	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP's) dentro del proceso de tratamiento de lodos activados en aguas residuales y lodos.	23
I.Q. Ulil Us Medina	Microencapsulación de aceite de chía (<i>Salvia hispanica</i>) con potencial nutracéutico.	26
M. en C. Jorge Froylán Xool Tamayo	Estudio del transcriptoma de <i>Argemone Mexicana</i> y su relación con la biosíntesis de alcaloides bencilisoquinolínicos.	28
M. en C. Viridiana Olvera Hernández	Estudio del almidón modificado de banano enano gigante (<i>Musa cavendish</i>) y sus efectos metabólicos en ratas.	30

Estudiante	Título del Trabajo	Página
M. en C. William Alejandro Talavera Pech	Encapsulación de compuestos anticáncer en partículas mesoporosas de silicio recubiertas con un poli (β -amino éster) sensible a Ph.	33
I.B.Q. Alma Karina Tzec Nahuat	Determinación del efecto hipotensor e hipoglucemiante de <i>Chrysophyllum cainito</i> en modelos farmacológicos.	35
M. en C. Freddy Segundo Navarro Pineda	Diseño y evaluación de una biorrefinería de aprovechamiento integral de <i>Jatropha curcas</i> usando criterios de sostenibilidad.	37
M. en C. Rolando David Cáceres Castillo	Síntesis biomimética asistida por microondas de dímeros triterpénicos.	39

PRESENTACIONES ORALES

ACTIVIDAD INHIBITORIA DEL SISTEMA RENINA-ANGIOTENSINA DE FRACCIONES PEPTÍDICAS DERIVADAS DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE PROTEÍNAS DE FRIJOL LIMA (*Phaseolus lunatus*)

Ciau Solís N. A.^a, Segura Campos M. R.^a

^aFacultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, C.P.97203. normisciau_21@hotmail.com, maira.segura@correo.uady.mx.

Introducción. Hoy en día se sabe que la prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles son las principales causas de mortalidad mundial. El Síndrome Metabólico (SM) es un conjunto de anormalidades metabólicas que aumentan la probabilidad de que ocurran complicaciones como la Enfermedad Cardiovascular (ECV), cerebrovascular, diabetes Mellitus, entre otras. La hipertensión arterial (HTA) es uno de los factores de riesgo más importantes para padecer este tipo de enfermedades que son las principales causas de mortalidad en México^[1]. El tratamiento de la hipertensión consiste en hacer cambios de estilos de vida, sin embargo cuando esto no es suficiente se opta por tratamientos farmacológicos antihipertensivos como los inhibidores del Sistema Renina Angiotensina (SRA), estos fármacos, si bien logran controlar la presión arterial (PA), también generan en el paciente efectos secundarios indeseables. Debido a esto, en los últimos años, la ciencia de los alimentos se ha enfocado al estudio de las proteínas como componentes beneficiosos, las cuales están recibiendo una gran atención no sólo desde el punto de vista nutricional, sino funcional. Se han llevado a cabo diversas investigaciones para identificar la presencia de péptidos bioactivos de diversos alimentos, principalmente leguminosas de origen Mexicano, los cuales son secuencias de aminoácidos inactivos en el interior de las proteínas, que pueden ejercer actividades biológicas antihipertensivas al liberarse por procesos de hidrólisis enzimática. Estas fracciones peptídicas, pudieran tener un potencial uso como ingredientes en alimentos funcionales o bien como nutraceutico. En este sentido, se ha demostrado que las fracciones peptídicas no purificadas del frijol Lima (*Phaseolus lunatus*), propio del Sureste de México, tienen un potencial *in vitro* evaluado por medio de la determinación de la actividad inhibitoria de la ECA-I, una de las enzimas del SRA, responsables de la elevación de la PA. Sin embargo, no existe evidencia científica de su potencial *in vivo*, ni de la actividad inhibitoria de la ECA-I de las fracciones peptídicas purificadas por métodos cromatográficos, y su mecanismo de inhibición, esperando que fuera similar a la de los fármacos utilizados para el control de esta enfermedad. Por todo lo anterior, en este trabajo se pretende evaluar la actividad inhibitoria del sistema renina-angiotensina y el mecanismo de inhibición de fracciones peptídicas purificadas obtenidas mediante hidrólisis enzimática del frijol Lima (*Phaseolus lunatus*)

Metodología. El desarrollo experimental del presente estudio se efectuará con granos de frijol Lima (*Phaseolus lunatus*), cuyo concentrado proteínico se someterá a una hidrólisis utilizando dos sistemas enzimáticos Alcalase[®]-Flavourzyme[®] y Pepsina-Pancreatina de manera secuencial. Las fracciones solubles de los hidrolizados enzimáticos serán sometidas a un fraccionamiento por ultrafiltración^[2] de la cual resultarán 5 fracciones peptídicas con diferente peso molecular; 1) F>10 kDa, 2) F 5-10 kDa, 3) F 3-5 kDa, 4) F 1-3 kDa, 5) F<1kDa. Se determinará la actividad inhibitoria de la ECA-I^[3] y la renina^[4] a los hidrolizados y a las fracciones peptídicas derivadas y las que tengan mayor actividad inhibitoria del SRA serán evaluadas *in vivo*, utilizando ratas Wistar para determinar su actividad antihipertensiva^[5]. De la misma forma, las fracciones peptídicas que tengan mayor potencial *in vitro* se purificarán secuencialmente mediante cromatografía de filtración en gel y cromatografía de líquidos de alta resolución determinando

de nuevo la actividad biológica de las fracciones obtenidas^[6]. Por último, se determinará el mecanismo de inhibición del sistema renina-angiotensina y el perfil de aminoácidos de las fracciones peptídicas purificadas por HPLC de *P. lunatus* con mayor potencial inhibidor *in vitro* del sistema renina-angiotensina.

Agradecimientos. Al CONACYT: Proyecto Ciencia básica 153012 y beca 171387.

Referencias.

1. Ochoa, L., Yong, C., Calderín, R., González, M., Miguélez, R., Vilches, E. & Díaz, H. (2011). Factores de riesgo del síndrome metabólico en la muerte súbita cardíaca. *Revista Cubana De Medicina*, 50(4), 426-244.
2. Cho, M., Unklesbay, N., Hsieh, F. & Clarke, A. (2004). Hydrophobicity of bitter peptides from soy protein hydrolysates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(19), 5895-5901.
3. Hayakari, M., Kondo, Y. & Izumi, H. (1978). A rapid and simple spectrophotometric assay of angiotensin-converting enzyme. *Analytical Biochemistry*, 84(2), 361-369.
4. Li, H. & Aluko, E. (2010). Identification and inhibitory properties of multifunctional peptides from pea protein hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(21), 11471-11476.
5. Segura, M., Galicia, S., Chel, L., & Betancur, D. (2013). Antihypertensive potential of protein hydrolysates from velvet bean (*mucuna pruriens*). In H. Satou, & R. Nakamura (Eds.), *Legumes: Types, nutritional composition and health benefits* (1a ed., pp. 225-40). New York: Nova Science Publisher.
6. Megías, C., Yust, M., Pedroche, J., Lquari, H., Girón, J., Alaiz, M. & Vioque, J. (2004). Purification of an ACE inhibitory peptide after hydrolysis of sunflower (*helianthus annuus L.*) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(7), 1928-1932.

EVALUACIÓN DE DOS CATALIZADORES HETEROGÉNEOS DE ESTRUCTURAS METAL-ORGÁNICAS (MOF-Zn Y MOF-Co) SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

Arceo Ruiz H.^a, Zepeda Pedreguera A.^a

^a Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn. Mérida Yucatán, 97203; henry-216@hotmail.com.

Introducción. La disminución de las reservas del petróleo, el aumento de su demanda y el grave impacto que ocasiona su uso al medio ambiente, ha estimulado la búsqueda de combustibles líquidos alternativos, entre los cuales se encuentra el *biodiesel*, el cual consiste en una mezcla de ésteres de alquilo (metilo o etilo) de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites o grasas (triglicéridos). Estos se eligen de acuerdo a la disponibilidad local, sin embargo, numerosas investigaciones han demostrado que un aceite ideal es aquel que contenga un alto número de ácidos grasos monoinsaturados, ejemplo de ello es el aceite de canola, el cual posee 65.4 % de ac. oleico y 3.5 % de ac. palmitoleico, siendo superior al aceite de palma y soya de hasta un 250 % y 150 % respectivamente [1]. La producción de biodiesel puede llevarse a cabo a través de catálisis homogénea ó heterogénea, siendo la catálisis heterogénea una ruta alternativa efectiva, debido a que se puede aplicar bajo condiciones extremas de reacción, así como una fácil separación y reutilización del catalizador. Se han estudiado una gran variedad de catalizadores sólidos, tales como zeolitas, zirconia sulfatada, heteropoliácidos, etc., en donde la mayoría de los catalizadores reportados presentan tiempos de reacción largos (hasta 20 h) y su capacidad catalítica disminuye conforme aumentan los ciclos de reuso [2]. Debido a lo anteriormente mencionado es necesario incrementar el estudio de novedosos catalizadores para evaluar su selectividad, reuso, tiempos de reacción, etc. Ejemplo de ello son las estructuras metal-orgánicas (*MOFs* por sus siglas en inglés), los cuales debido a su estructura híbrida constituida por iones de metales de transición y enlazadores orgánicos (ácidos carboxílicos aromáticos) polidentados, presentan una gran estabilidad a temperaturas elevadas de reacción (300 – 500 °C), así como una elevada área específica ($> 3400 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$), propiedades de reuso a través de varios ciclos de reacción, así como su elevada selectividad de hasta el 98%, lo que ha generado un gran número de reportes sobre diversas aplicaciones [3,4]. Sin embargo, el empleo de estos nanocatalizadores, ha sido escasamente reportado en reacciones de transesterificación [4]. Por lo que la generación de estudios sobre la aplicación de los MOFs, sería de gran importancia a nivel nacional e internacional, debido a la gran necesidad que se tiene sobre la optimización de diversos procesos para la obtención de energía renovable tal como el biodiesel.

Debido a esto es que el objetivo principal del presente trabajo es llevar a cabo la evaluación catalítica heterogénea de dos novedosos catalizadores de estructura metal-orgánica ácida [*catena*-[(μ 2-4,4'-*Eteno*-1,2-diildipiridina)-diacetato-zinc(II) (MOF-Zn) y *catena*-[(μ 2-5-nitrobenceno-1,3-dicarboxilato-O,O',O'')-(μ 2-1,2-bis(4piridil)etano-N,N')-cobalto(II) (MOF-Co)], para llevar a cabo la síntesis de biodiesel a partir de aceite de canola.

Metodología. El proceso de transesterificación se llevará a cabo en un tubo de vidrio con cierre hermético utilizando 5 ml de aceite de canola (4.57 g) sumergido en un baño de aceite a diferentes temperaturas, bajo agitación rigurosa (1000 rpm). Se estudiará el efecto de la cantidad de catalizador a través de la adición de diferentes cantidades conocidas de MOF-Zn y MOF-Co. De igual manera se estudiará el efecto de la relación metanol:aceite, a través de estudios con diferentes volúmenes de metanol anhidro a diferentes tiempos de reacción. Terminada la reacción el producto obtenido será centrifugado y posteriormente filtrado a vacío para llevar a cabo la separación del catalizador y del producto obtenido de la reacción. El

producto de la filtración será destilado a vacío para recuperar el exceso de metanol, y posteriormente será centrifugado a 10,000 rpm durante 5 min para obtener dos fases líquidas (biodiesel y glicerol). Los experimentos serán establecidos aplicando un diseño factorial 2^4 con 6 puntos centrales, donde se evaluarán los factores tales como la temperatura (110 y 150 °C), cantidad de catalizador (0.25 y 1.75 % p/p), relación molar metanol:aceite (12:1 y 48:1) y tiempos de reacción (2 y 12 h), tomando como variable de respuesta el rendimiento (ésteres metílicos producidos) y como niveles centrales 130 °C, 1% p/p de catalizador, relación molar metanol:aceite de 30:1 y 7 h de tiempo de reacción determinados a través de resultados previos del grupo de trabajo [5]. Para el análisis de varianza, la comparación de medias y el análisis de la regresión, se empleará el software STATGRAPHICS Centurión XVI.II [6]. El rendimiento será expresado en relación a la masa de aceite usado para la transesterificación y los metil ésteres (biodiesel) producidos.

Cronograma de Actividades. En el siguiente cuadro se muestra el cronograma de actividades a seguir durante el periodo de estudio de maestría (agosto 2014 - julio 2016).

Actividades	2014						2015						2016															
	Semestre I						Semestre II						Semestre III						Semestre IV									
Revisión bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Protocolo de investigación	x	x	x	x	x																							
Inicio de trabajo experimental							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										
Determinación de las condiciones de óptimas de producción																												
Estancia													x	x	x													
Escritura de tesis													x	x	x	x							x	x	x	x	x	x

Agradecimientos. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada con número de referencia 334437 y al proyecto CONACYT-2013-Proyectos de Desarrollo Científico para atender Problemas Nacionales (PDCPN), clave: 215242 por su financiamiento.

Referencias.

1. Refaat A. (2009) Correlation between the chemical structure of biodiesel and its physical properties. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* **vol.** (4): 677-694
2. Alhassan F., Yunus R., Rashid U., Sirat K., Islam A., Lee H., Taufiq Y. (2013) Production of biodiesel from mixed waste vegetable oils using Ferric hydrogen sulphate as an effective reusable heterogeneous solid acid catalyst. *Applied Catalysis A: General.* **vol.** (456): 182– 187
3. Mueller U., Schubert, M., Teich F., Puetter H., Schierle K., Pastre J. (2006) Metal–organic frameworks—prospective industrial applications. *Journal of Materials Chemistry.* **vol.** (16): 626–636
4. Cirujano F., Corma A., Llabrés F. (2014) Zirconium-containing metal organic frameworks as solid acidcatalysts for the esterification of free fatty acids: Synthesis ofbiodiesel and other compounds of interest. *Catalysis Today.* (In press)
5. Arceo, H. (2014). Transesterificaciónde aceite de canola comercial aplicando un compuesto organometálico RPR-088 utilizando un sistema hermético. Instituto Tecnológico de Mérida. Biotecmérida: Divulgación Científica Y Tecnológica. 1-74. (*Electrónica*)
6. Ali B., Ahmad A., Keat L. (2013) Optimization of biodiesel production process from Jatropha oil using supported heteropolyacid catalyst and assisted by ultrasonic energy. *Renewable Energy.* **vol.** (50): 427-432

“DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE GLUCÓSIDOS DERIVADOS DE ESTEVIOL PRESENTES EN VARIEDADES DES. REBAUDIANA B. CULTIVADAS EN MÉXICO Y EVALUACIÓN DE SUS EFECTOS HIPOGLUCEMIANTE Y ANTIHIPERGLUCEMIANTE EN MODELOS ANIMALES”

Aranda-González I.^a, Moguel-Ordóñez, Y.^b y Betancur-Ancona, D.^a

^aFacultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn. Mérida, Yucatán, C.P. 97203. ^bInstituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo experimental Mocochá, Carretera Mérida-Motul, Km. 25, Mocochá, Yucatán, Mexico. C.P. 97454

Introducción. *Stevia* es un género de plantas nativas de regiones de Sudamérica y Centroamérica. Una de estas especies es *Stevia rebaudiana* Bertoni, con un alto potencial edulcorante dado su contenido de glucósidos derivados de esteviol [1]. En 2008 la Administración de Alimentos y Drogas en Estados Unidos (FDA) otorgó el estatus de “generalmente reconocido como seguro” (GRAS, por sus siglas en inglés) al rebaudiósido A para usarse como edulcorante [2]. Sin embargo, diversos estudios han demostrado que extractos de *S. rebaudiana* y el esteviósido, pero no el rebaudiósido A, tienen capacidad antihiperglucemiante en humanos y modelos animales pero esta capacidad no ha sido evaluada en los demás glucósidos también presentes en la planta [3,4]. Por otra parte el cultivo de *Stevia* en México es reciente y no se ha determinado el contenido de glucósidos a través de un método validado en estas variedades. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue “Determinar el contenido de glucósidos derivados de esteviol presentes en variedades de *S. rebaudiana* B. cultivadas en México y evaluar sus efectos hipoglucemiante y antihiperglucemiante en modelos animales”.

Metodología. Se validó el método de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) recomendado por JECFA (2010) [5] calculando los parámetros: sensibilidad, linealidad, exactitud, límite de detección (LDD), límite de cuantificación (LDC) y precisión, de acuerdo a las guías de validación ICH para 7 glucósidos derivados de esteviol (Dulcósido A, Rebaudiósido A, B, C, D, Esteviolbiósido y Esteviósido). Para ello, se realizó el extracto de dos variedades de *Stevia* (Criolla y Morita II) acuerdo a la metodología de Woelwer-Rieck y colaboradores [6] y se cuantificaron los glucósidos. En la segunda etapa, se evaluó el efecto antihiperglucemiante de los compuestos derivados de esteviol como de extractos de *Stevia* en ratas Wistar machos sanas y con diabetes inducida. Para evaluar el efecto hipoglucemiante y antihiperglucemiante se hicieron diversos ensayos: administración aguda simple, agudo con carga de glucosa o sacarosa vía oral, agudo con carga de glucosa vía intraperitoneal, administración crónica durante 4 semanas vía oral, prueba de tolerancia a la glucosa después del tratamiento crónico, tanto para animales sanos como con diabetes inducida, entre otros. La glucosa se midió por medio de un glucómetro comercial Optimun Xceed (Abbot). Los resultados se analizaron utilizando el paquete estadístico Statgraphics, por medio análisis de varianza (ANOVA) o prueba t de Student. Las diferencias se consideraron significativas con un valor de $p < 0.05$.

Resultados y Discusión. Se evaluó la linealidad del método para cada uno de los glucósidos minoritarios, a través de la elaboración de una gráfica de la señal como función de la concentración del analito, de una curva de 5 concentraciones por triplicado; posteriormente se calculó la regresión lineal por el método de mínimos cuadrados. Las curvas de calibración fueron lineales en el intervalo de trabajo, con coeficientes de correlación ≥ 0.98 y determinación > 0.97 . Los límites de detección (LDD) fueron: 5.69–17.54 $\mu\text{g/mL}$, mientras que los límites de cuantificación (LDC) fueron: 17.21–53.18 $\mu\text{g/mL}$. El porcentaje de recuperación de muestras fortificadas fue $100 \pm 10\%$ y la precisión tuvo desviación estándar relativa $< 10\%$. Como se observa en la tabla 1, el contenido de glucósidos es diferente dependiendo de la variedad

de la planta, con excepción del Rebaudiósido D. La variedad Morita II es la que tiene mayor cantidad de glucósidos totales (23.4 g) que la variedad Criolla (16.6 g).

Tabla 1. Contenido de glucósidos en g/100g de hojas secas de *S. rebaudiana* Morita II y Criolla

Glucósido	Morita II	Criolla
	Promedio ± D.E.	Promedio ± D.E.
Dulcósido A	0.61 ± 0.04 *	0.74 ± 0.03 *
Rebaudiósido B	0.65 ± 0.02 *	0.27 ± 0.01 *
Rebaudiósido C	2.24 ± 0.04 *	2.05 ± 0.01 *
Rebaudiósido D	0.43 ± 0.02	0.46 ± 0.00
Esteviolbiósido	0.35 ± 0.02 *	0.58 ± 0.01 *
Rebaudiósido A	15.15 ± 0.2 **	4.03 ± 0.01 **
Esteviósido	3.97 ± 0.003 **	8.80 ± 0.14 **

Los valores están expresados como media ± Desviación estándar. Las diferencias significativas encontradas en una misma fila denotan se denotan *p <0.05, **p<0.001 (prueba t-de Student).

En animales sanos ninguno de los 7 glucósidos evaluados (Dulcósido A, Rebaudiósido A, B, C, D, Esteviósido y Esteviolbiósido) a dosis de 20mg/kg, ni los extractos de *Stevia* de las variedades Criolla y Morita tuvieron efecto antihiper glucemiante administrados de forma aguda o crónica durante los ensayos de pruebas de tolerancia a la glucosa. Así mismo, ninguno de los glucósidos o los extractos tuvieron efecto hipoglucemiante. En los animales con diabetes inducida no se encontró efecto agudo sobre la glucosa en ninguno de los 7 glucósidos (20mg/kg), los extractos liofilizados de ambas variedades de *Stevia* (200mg/kg), ni después de la administración crónica de los 5 glucósidos minoritarios (20mg/kg) o el extracto acuoso de la variedad Morita.

Conclusiones. El contenido de glucósidos con excepción del rebaudiósido D, en las variedades Morita II y Criolla de *S. rebaudiana* cultivadas en la Península de Yucatán difieren significativamente. La variedad Morita por su alto contenido de rebaudiósido A (3.8 veces más que Criolla) puede destinarse a la industria de alimentos. Con los modelos *in vivo* se puede concluir que los glucósidos minoritarios y mayoritarios evaluados de manera individual como contenidos en extractos de hojas de *S. rebaudiana* no poseen efectos hipoglucemiantes o antihiper glucemiantes, lo que sugiere un consumo seguro aún por encima de la dosis aceptada actualmente (4mg/kg).

Agradecimiento. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para el financiamiento de este proyecto. CVU 266197, al PROMEP, FESE e INIFAP-SAGARPA.

Referencias.

- Goyal SK, Samsher, Goyal RK. (2009). Stevia (*Stevia rebaudiana*) a bio-sweetener: a review. *Int J Food Sci Nutr.* 61(1):1-10.
- FDA (2008). GRAS assessment. En: Center for Food Safety and Applied Nutrition, FDA 2008
- Jeppesen PB, Gregersen S, Alstrup KK, Hermansen K. (2002). Stevioside induces antihyperglycaemic, insulinotropic and glucagonostatic effects in vivo: studies in the diabetic Goto-Kakizaki (GK) rats. *Phytomedicine.* 9(1):9-14.
- Gregersen S, Jeppesen PB, Holst JJ, Hermansen K. (2004). Antihyperglycemic effects of stevioside in type 2 diabetic subjects. *Metabolism.* 3(1):73-6.
- JECFA (2010). Steviol glycosides. En: *Compendium of food additive specifications.* FAO/WHO (Ed). FAO, Roma, Italia, 17-21
- Woelwer-Rieck U, Lankes C, Wawrzun A, Wüst M. Improved HPLC method for evaluation of the major steviol glycosides in leaves of *Stevia rebaudiana*. *Eur Food Res Technol.* 2010;231:581-8.

ACTIVIDAD ANTIHIPERTENSIVA DE FRACCIONES PEPTÍDICAS DERIVADAS DE LA HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA PROTEÍICA DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*).

Cu-Cañetas, T.E.^a, Chel-Guerrero, L.A.^a

^a Facultad de Ing. Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Kilometro 33.5, Chuburna de Hidalgo Inn, 97203 Mérida, Yuc. amaranto39@hotmail.com

Introducción. La hipertensión arterial se define como la elevación crónica de la presión sanguínea sistólica, diastólica, o de ambas en las arterias y actualmente este padecimiento se considera un factor de riesgo cardiovascular en el mundo industrializado y se está presentando como un problema de salud mundial, debido al incremento de la longevidad y a la prevalencia de factores que contribuyen a su aparición, tales como la obesidad, la inactividad física y una dieta no saludable.[1] Recientemente, diversos estudios se han enfocado en los péptidos antihipertensivos y se han realizado estudios tanto “in vitro” como “in vivo” para lograr la comprensión del mecanismo de acción de estos péptidos. Se ha determinado que los péptidos antihipertensivos son efectivos en prevenir y tratar la hipertensión por inhibición de la enzima convertidora de angiotensina ECA, la cual es una enzima clave en la regulación de la presión sanguínea y la homeostasis de electrolitos. [2]

En este trabajo se evaluará el efecto de diferentes fracciones peptídicas obtenidas de la hidrólisis de *V. unguiculata*, sobre la actividad inhibidora de la Renina y la ECA in vitro así como el efecto hipotensor in vivo y se evaluará su citotoxicidad.

Metodología. La obtención de fracciones peptídicas se realizará con el método reportado por Cho et al [3] en el que los hidrolizados proteínicos se centrifugarán a 12000 x g por 45 min y el sobrenadante con las fracciones solubles será separado por ultrafiltración. El ensayo de la actividad inhibitoria de los hidrolizados y sus fracciones peptídicas, sobre la renina se realizará usando un Renine Inhibitor Screening Assay Kit Cayman (Cayman Chemical, AnnArbor, MI). La evaluación *in vitro* de los hidrolizados y sus fracciones peptídicas, sobre la inhibición de ECA se realizará utilizando el método reportado por Aluko.[4] El efecto hipotensor de las fracciones peptídicas, será determinado en ratas Wistar normotensas. Se evaluará el efecto de las fracciones peptídicas a una concentración de 10 mg/kg de peso, vía oral diariamente por un tiempo de 4 semanas. Para la medición de la presión se utilizará un equipo CODA (Kent Scientific Co.) y los datos de presión sistólica, presión diastólica y presión arterial media se expresarán en mmHg. Se determinó la citotoxicidad de las fracciones obtenidas por hidrólisis con Flavourzima <3 KDa y \square 1 KDa así como la de la fracción obtenida por hidrólisis con Pepsina-Pancreatina \square 1KDa, utilizando un ensayo con sulforodamina B (SRB) para teñir proteínas celulares.

Resultados y Discusión. Se obtuvieron fracciones peptídicas de tamaño >3KDa, >1KDa y <1KDa, de cada uno de los sobrenadantes derivados de la hidrólisis enzimática con los sistemas Pepsina-Pancreatina y Flavourzyme 500G, utilizando un equipo de ultrafiltración Amicon. El efecto de inhibición sobre Renina se presentó en las fracciones <1KDa obtenida por hidrólisis con Pepsina- Pancreatina, (45.0865%) y fracción >1KDa obtenida por hidrólisis con Flavourzyme (25.7259%) a una concentración de 100 μ g/ml.

Se determinó la actividad inhibitoria de las fracciones peptídicas sobre la Enzima Convertidora de la Angiotensina (ECA) y el IC₅₀ de las que presentaron potencial actividad inhibidora. Para la fracción <1 KDa obtenida de hidrólisis con Pepsina-Pancreatina se encontró un valor de 402.2326 μ g/ml, mientras que para las fracciones obtenidas por hidrólisis con Flavourzima se obtuvieron valores de 1238.0 μ g/ml, para la fracción > y <1 KDa y de 1222.8413 μ g/ml para la fracción < 1KDa. Al evaluar citotoxicidad en las fracciones seleccionadas se usaron concentraciones de 125 μ g/mL de cada fracción a evaluar. A esta

concentración se encontró un IC50 de 4.36 µg/mL para la fracción <1KDa obtenida por hidrólisis secuencial con Pepsina-Pancreatina, mientras que para las fracciones 3< y >1KDa obtenidas por hidrólisis con Flavourzima®, se obtuvo un IC50 de 8.40 µg/mL y de 7.93 µg/mL, los cuales se consideran valores no tóxicos en las concentraciones utilizadas para las pruebas *in vitro*. En la evaluación del efecto hipotensor, no se encontró diferencia significativa para las fracciones analizadas, durante el tiempo del tratamiento, este resultado es similar al que ha sido reportado por Fritz [5] en un estudio realizado con hidrolizados obtenidos con la enzima Alcalasa y provenientes de *Amaranthus mantegazzianus*, en los que a dosis de 2.4g/kg de peso, no se observaron efectos hipotensores en ratas normotensas e incluso ninguna efecto en ratas espontáneamente hipertensas.

Conclusiones. Los resultados obtenidos muestran que las fracciones obtenidas presentan efecto inhibidor sobre las enzimas convertidora de angiotensina y renina *in vitro*, aunque no se detecto en las condiciones de estudio un efecto hipotensor *in vivo*, sobre ratas normotensas. Se determino que no presentan citotoxicidad a concentraciones de 125 µg/kg de peso.

Agradecimiento. Este proyecto esta enmarcado en las actividades del proyecto “Purificación y caracterización de péptidos bioactivos obtenidos por hidrólisis enzimática de proteínas de fuentes vegetales subutilizadas” que cuenta con el apoyo financiero de la Red Temática “Bioactividad de Péptidos e Hidrolizados”, del programa PROMEP de la SEP. Se agradece el apoyo de CONACYT para el desarrollo de este proyecto. como Becario No. 72780

Referencias.

1. World Health Organization, I. S. o. H. W. G., 2003 World Health Organization (WHO)/International Society of Hypertension (ISH) statement on management of hypertension. (2003) *Journal of Hypertension* 21, 1983-1982.
2. Norris, R. and FitzGerald, R.J. Antihypertensive Peptides from Food Proteins. (2003) *Bioactive Food Peptides in Health and Disease*. In Tech, Chp 3 pp 45-72
3. Cho M.J., Unklesbay N., Hsieh F., Clarke A.D., Hydrophobicity of bitter peptides from soy protein hydrolysate. (2004) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*; 52 (19): 5895-590.
4. Nielsen, P. Petersen D., Damman C. Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. (2001), *Journal of Food Science*. 66(5): 642-646
5. Fritz M, Vecchi B, Rinaldi G, Añón MC. Amaranth seed protein hydrolysates have *in vivo* and *in vitro* antihypertensive activity. *Food Chem*. 2011;126(3):878–884.

ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA REACCIÓN DIELS-ALDER PARA LA FORMACIÓN DE ADUCTOS BICÍCLICOS DE OCHO MIEMBROS EN CELASTRACEAS

Cu Martínez, T. Mena Rejón G., Quijano Quiñones R.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, C. 43 No. 613 x C. 90 Col. Inalámbrica. Mérida, Yucatán, C.P. 97069, cumtz7@gmail.com.

Introducción. La Celastrodina B o Maytenona^{1,2} es un bis-diterpeno aislado de *Maytenus dispermus* y *Crossopetalum rhacoma* que ha mostrado actividad antifúngica. La ruta biosintética propuesta para su formación involucra una adición de agua por la cara α del ferruginol³ para dar una hidroxiciclohexa-2,4-dienona que se dimeriza por medio de una reacción de Diels-Alder (DA). Existen dos trabajos experimentales que han intentado comprobar la ruta biosintética propuesta para la Celastrodina B, pero en ambos casos no fue posible obtener dicho aducto^{4,5}. A pesar de que lo anterior sugiere la participación de Diels-alderasas⁶ en su formación, hasta la fecha no se tiene registro de la obtención de una enzima de este tipo.

En este trabajo se determinará, mediante métodos basados en la Teoría del Funcional de la Densidad, la factibilidad de la generación de aductos tipo Celastrodina B a través de la cicloadición Diels-Alder.

Metodología. Los cálculos se realizaron con el código Gaussian'09 que implementa la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT). Este programa utiliza el método de combinaciones lineales de funciones gaussianas como método de solución para resolver las ecuaciones de Kohn-Sham. Se seleccionó el conjunto de funciones base 6-31G(d) y al funcional M06-2X para la energía de intercambio y correlación. Para el análisis de la reacción de formación de la Celastrodina B se estudiarán las propiedades estructurales y termodinámicas de los precursores, del estado de transición y de este aducto. Además, estos resultados se compararán con los obtenidos para tres aductos DA hipotéticos, formados a partir del mismo precursor, que se espera presenten un menor impedimento estérico en su formación.

Resultados y Discusión. Primeramente, se calcularon las estructuras de mínima energía del diterpeno A, la Celastrodina B, el Aducto 1, el Aducto 2 y el Aducto 3. Los cálculos mostraron la existencia de puentes de hidrógeno que estabilizan a los productos. Según los valores calculados de la energía libre de Gibbs, todos los aductos son más estables que los reactivos, por lo que la formación de estos es exotérmica, siendo la Celastrodina B el aducto más estable. De la figura 1b) podemos ver que los dos aductos más estables fueron la Celastrodina B y el Aducto 1, en ambos casos durante el transcurso de la reacción DA, el acercamiento del grupo hidroxilo del dieno con el hidroxilo del dienófilo en el estado de transición presenta un menor impedimento estérico que en el caso de la formación de los Aductos 2 y 3, en donde el acercamiento del grupo hidroxilo con el grupo isopropilo está más impedido.

De acuerdo con el cálculo de los orbitales moleculares HOMO y LUMO del diterpeno A la reacción es permitida por simetría, ya que los orbitales del dieno y del dienófilo se encuentran en fase, tanto para una DA de demanda normal como para una DA de demanda inversa.

Hasta ahora se han encontrado y optimizado las estructuras de los estados de transición del Aducto 1 y del Aducto 3. Nuestros resultados muestran que ambas reacciones transcurren a través de estados de transición asincrónicos, en donde el enlace formado con el C14, el cual es adyacente al C con los grupos sustituyentes hidroxilo e isopropilo, presenta la menor distancia. El Aducto 1 resultó más estable que el Aducto 3, aunque los valores de energía de activación de los estados de transición fueron muy similares, lo que nos sugiere que la formación del Aducto 1 es termodinámicamente favorecida sobre el Aducto 3. Los valores de la energía de activación de Gibbs calculados son alrededor de 136 kJ/mol, lo cual nos indica que la formación de los Aductos 1 y 3 no es posible a temperatura ambiente.

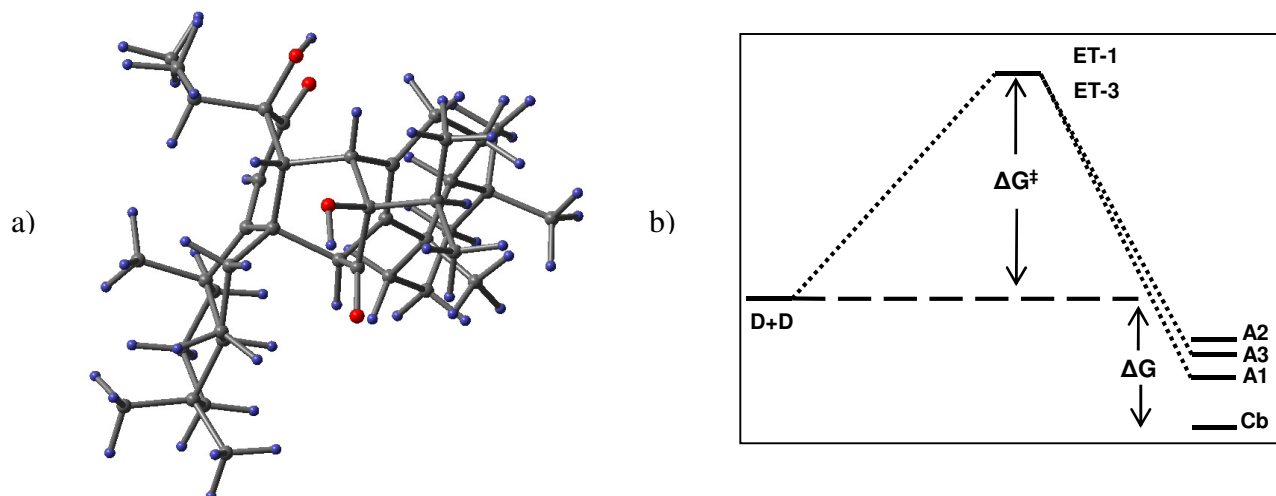


Fig. 1. a) Geometría de mínima energía de la Celastrodina B, b) Perfil de la energía libre de Gibbs. Cb, A1, A2, A3, ET-1, ET-3, D+D representa a la Celastrodina B, Aducto 1, 2, 3, estado de transición del Aducto 1 y del Aducto 3 y la suma de las energías de dos diterpenos A aislados, respectivamente.

Conclusiones. Encontramos que la reacción de formación de los aductos estudiados es termodinámicamente favorecida, siendo la Celastrodina B el aducto más estable. Se hallaron, los estados de transición del Aducto 1 y Aducto 3, lo que nos indica que la reacción DA es una vía factible para la formación de dímeros diterpénicos tipo Celastrodina B. Los cálculos nos muestran que dicho mecanismo es concertado y asincrónico. Los valores de las energías de activación calculadas sugieren que la formación de los Aductos 1 y 3 no es posible a temperatura ambiente.

Agradecimiento. Este trabajo se encuentra financiado con el apoyo de una beca concedida por Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), clave552522.

Referencias.

1. Johnson W.A, King T.J., Martin R.J. (1961). Maytenone. Part I. Isolation and structural studies. *J. Chem. Soc.*, 4420-4425.
2. Alvarenga N.L., Ferro A.E, Ravelo A.G., Kennedy M.L, Maestro M.A., Gonzalez A.G. (2000). Ray Analysis of Volubilide, a New Decacyclic Diels-Alder C20-C30 Adduct from *Hippocratea volubilis* L. *Tetrahedron*, vol (56): 3771-3774.
3. González Bazzocchi, Jiménez Moujir (2000). Ethnobotanical Uses of Celastraceae. En: *Bioactive Metabolite*. Elsevier Science Publisher: The Netherlands, 649-739.
4. Falshaw C.P., Johnson A.W., King T.J. (1963). The oxidation of 4-methylthymol, ferruginol, and totarol. *J. Chem. Soc.*, 2422-2428.
5. Lawrence A. (2010). *Synthetic Studies on Daphmanidin C and Maytenone Based on Biosynthetic Considerations and Natural Product Hybrids as Tools for Quorum Sensing*. Tesis de Doctorado. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Suiza.
6. Oikawa, H., Tokiwano, T. (2004). Enzymatic catalysis of the Diels-Alder reaction in the biosynthesis of natural products. *Nat. Prod. Rep.*, vol (21): 321-352.

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL HIDROLIZADO Y FRACCIONES PEPTÍDICAS DE FRIJOL TERCIOPELO (*M. pruriens*) CON ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIINFLAMATORIA, A LA ACCIÓN DE FLUIDOS GASTROINTESTINALES

Martínez Leo E. E.^a, Acevedo Fernández J. J.^b, Segura Campos M. R.^a

^a Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte Km. 33.5, 8 Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, C.P. 97203, Mérida, Yucatán, México. Teléfono: 52 999 946 09 56. Correo: emartinez.leo@live.com.mx, maira.segura@correo.uady.mx

^b Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Calle Iztaccihuatl Esq. 13 Leñeros S/N, Volcanes, C.P. 62350, Cuernavaca, Morelos. Teléfono: 52 777 329 70 48.

Introducción. En las últimas décadas, el incremento de la prevalencia de las enfermedades crónico no transmisible (ECNT) ha ido en paralelo al despegue económico y cambios en los patrones de alimentación. El estrés oxidativo y los procesos inflamatorios, han sido catalogados como los parteaguas etiológicos de muchas de las ECNT. Un exceso de especies reactivas de oxígeno en el organismo, condiciona a un daño oxidativo y activa señales de inflamación; en tales casos es característica la presencia de elevaciones de citoquinas proinflamatorias como TNF- α , IL-1 e IL-6, así como la sobreexpresión de enzimas como la ciclooxigenasa (COX), que conlleva a la producción de mediadores inflamatorios como las prostaglandinas y tromboxanos, que agravan más el proceso inflamatorio crónico en la ECNT (1). Esquemas de alimentación reconocidos internacionalmente, como la dieta mediterránea, incluyen alimentos ricos en antioxidantes como las frutas y verduras y alimentos con capacidad antiinflamatoria como el salmón y las oleaginosas, por su alto contenido de omega 3. Lo anterior, ha contribuido a menores incidencias de enfermedades cardiovasculares, crónicas y de origen inflamatorio (2). El estudio de la actividad antioxidante y antiinflamatoria de las sustancias químicas bioactivas presentes en los alimentos, permite ofrecer mayores posibilidades de alimentos en las dietas con alguna función específica sobre la salud; por ello, el presente estudio, busca evaluar la efectividad de la actividad antioxidante y antiinflamatoria de hidrolizados y fracciones peptídicas de *M. pruriens*, antes y después de un análisis de resistencia a fluidos gastrointestinales, con la finalidad de contar con bases científicas del comportamiento de dichas actividades después de una simulación del proceso digestivo por proteasas.

Metodología. Se procesarán semillas de *M. pruriens* obtenidas de ejidos productores del estado de Yucatán, para obtener concentrados proteicos; a partir de esto, se obtendrá un hidrolizado proteico empleando el sistema enzimático pepsina- pancreatina, durante 90 minutos (3). Dicho hidrolizado se someterá a un fraccionamiento por ultrafiltración utilizando cuatro membranas con diferente corte de peso molecular para obtener cinco fracciones peptídicas. Al hidrolizado y a las cinco fracciones peptídicas derivadas de este, se les determinará su actividad antioxidante y antiinflamatoria *in vitro*; utilizando las líneas celulares HepG2 para determinación de EROS y glutatión reductasa (4) y Jurkat, para cuantificación de COX y depleción de TNF- α , respectivamente. Aquellos que presenten la mayor actividad antioxidante y antiinflamatoria serán sometidos a un análisis de resistencia a fluidos gastrointestinales (5), con la finalidad de conocer el comportamiento de esta actividad biológica después del proceso digestivo proteolítico. Posteriormente y para finalizar, se realizará una evaluación *in vivo*, de las actividades antioxidantes y antiinflamatorias con modelos de ratas Wistar, a las cuales se medirá la peroxidación lipídica por el método de TBA y cuantificación de COX (6).

Agradecimiento.

Al CONACYT: Proyecto-Ciencia básica 154307 y beca 334436.

Referencias.

1. Blancas, G., Almanza, J., López, R., Alarcón, F., García, R., Cruz, M. (2009). La obesidad como un proceso inflamatorio. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 67: 88-97.
2. Sosa J. (2010). Efecto de la dieta DASH sola, en combinación con ejercicio físico y la pérdida de peso sobre la presión arterial y biomarcadores en hombres y mujeres con hipertensión. *An Fac Med.* 71(4): 241-248.
3. Herrera, F., Ruiz, J., Acevedo J., Betancur., Segura, M. (2014). ACE inhibitory, hypotensive and antioxidant peptide fractions from *Mucunapruriens* proteins. *Process Biochemistry.*
4. Chale, J., Moo, R., Robledo, D., Freile, Y. (2014). Hepatoprotective effect of the fucoidan from the brown seaweed *Turbinaria tricosata*. *J Appl Phycol.* 26(5).
5. Parrot, S. Degraeve, P. Curia, C. Martial-Gros, A. (2003). In vitro study on digestion of peptides in Emmental cheese: Analytical evaluation and influence on angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides. *Nahrung/Food.* 2, 87-94.
6. Delgado, L., Fraga, A., Bécquer, M., Fernández, E., Vázquez, A. (2011). Marcadores sistémicos de peroxidación lipídica en ratas Sprague Dawley tratadas con Lipofundin 20%. *Química Viva.* 3(10). 205-213.

“CAPACIDAD ANTIOXIDANTE E INHIBITORIA DE LA ENZIMA CONVERTIDORA DE LA ANGIOTENSINA I DE LAS PROTEÍNAS HIDROLIZADAS DEL PEZ LEÓN (*Pterois volitans* L.)”

Chuc Koyoc J. A., Gallegos Tintoré S., Chel Guerrero L.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas, Periférico Nte., Km 33.5, Tablaje Catastral 1313615, Colonia Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yuc., Méx., C.P.97203, azucena-chuc@hotmail.com

Introducción. Los alimentos funcionales tienen la capacidad de ejercer un efecto benéfico en las funciones fisiológicas del organismo. La hipertensión arterial es uno de los principales factores de riesgo en el padecimiento de enfermedades cardiovasculares y una de las principales causas de muerte a nivel mundial. El envejecimiento y la generación de muchas enfermedades del corazón, cáncer, entre otras, están asociadas con la formación y la actividad de especies reactivas del oxígeno. Se ha conducido hacia la búsqueda de compuestos naturales antihipertensivos y antioxidantes, debido a que los fármacos sintéticos, por ejemplo, los utilizados contra la hipertensión, se encuentran asociados a efectos secundarios^[1]. El pez león (*Pterois volitans* L.) es un pez marino tropical del Indo-Pacífico, se ha extendido rápidamente en el Atlántico Occidental, Caribe y Golfo de México, teniendo consecuencias a nivel ecológico, económico y social. Actualmente se están implementando estrategias para mitigar la invasión y se ha exhortado el consumo de su carne^[2]. Las fuentes marinas son ricas en compuestos bioactivos, entre éstos están los péptidos, presentando un alto potencial como ingredientes de alimentos funcionales o nutraceuticos así como productos farmacéuticos^[3]. En el presente trabajo se pretende aprovechar el filete de pez león como materia prima para la producción de hidrolizados proteicos mediante la digestión *in vitro* con proteasas gastrointestinales (pepsina-pancreatina), ya que puede ser usada como un proceso de producción de péptidos bioactivos con la ventaja de que son resistentes a la digestión fisiológica después de su ingestión, así mismo el fraccionamiento de este hidrolizado podrían generar péptidos que pueden ser usadas como suplemento proteínico en la dieta o para el tratamiento de enfermedades relacionadas con la oxidación e hipertensión arterial. Se generaría información valiosa para continuar su consumo desde un punto de vista funcional y/o nutricional, pudiendo proporcionar un beneficio a la población de consumo para la prevención de ciertas enfermedades crónicas degenerativas y se aportaría a las estrategias que se están llevando a cabo para mitigar la invasión de ésta especie. Siendo el objetivo de la investigación evaluar la actividad antioxidante e inhibitoria de la Enzima Convertidora de la Angiotensina I (ECA-I) de las proteínas musculares del pez león (*Pterois volitans* L.) sometidas a digestión *in vitro* con enzimas gastrointestinales.

Metodología. Se liofilizarán y se realizará el análisis proximal de los filetes de pez león, se someterá a hidrólisis *in vitro* con el sistema pepsina-pancreatina a 35°C, primeramente con pepsina (pH 2.5, 60 min), se tomarán muestras de hidrolizados a los 0, 10, 20, 40 y 60 min, posteriormente con la pancreatina (pH 7.5, 120 min), tomando muestras de hidrolizado a los 80, 100, 120, 140, 160 y 180 min, a los cuales se cuantificará el contenido de proteína para posteriormente determinar el grado de hidrólisis a través de una reacción coloreada entre los grupos aminos y OPA^[4], con ello se seleccionará un hidrolizado siendo el criterio el mayor grado de hidrólisis, a este último se le realizará un análisis preliminar de su composición de proteínas mediante electroforesis desnaturizante en geles de poliacrilamida en condiciones desnaturizantes y desnaturizantes-reductoras (SDS-PAGE y SDS-PAGE-ME) y un perfil de aminoácidos por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia. Al término de estos se determinará *in vitro* la capacidad antioxidante del hidrolizado de acuerdo a su capacidad de reducir al hierro férrico (Fe⁺³) presente, hasta la forma ferrosa (Fe⁺²) al formar un complejo. Asimismo, se medirá la decoloración del

radical ABTS^{•+}, por la interacción con especies donantes de hidrógeno o de electrones empleando TROLOX como estándar antioxidante y se medirá la capacidad de la muestra de disminuir la decoloración oxidativa del β -caroteno en una emulsión ácida de β -caroteno/linoleico. Al igual se determinará la actividad inhibitoria de la ECA-I empleando enzima ECA que se purificará a partir de pulmón de conejo recién sacrificado, el sustrato a emplear será HHL. Del hidrolizado se obtendrán fracciones peptídicas mediante Cromatografía para Separación Rápida de Proteínas (FPLC) ^[5-6], a las cuales se les determinará *in vitro* la actividad antioxidante e inhibición de la ECA-I donde se seleccionará la fracción con mayor potencial, y en su caso se determinará el IC₅₀^[5].

Cronograma.

ACTIVIDAD	Año	2014				2015												2016						
	Mes	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
Liofilización de los filetes y análisis proximal.				x	x																			
Hidrólisis con pepsina-pancreatina.						x	x	x																
Cuantificación de proteína en hidrolizados.								x																
Grado de hidrólisis y selección del hidrolizado.									x															
Perfil de aminoácidos y electroforesis del hidrolizado.									x	x														
Actividad antioxidante e inhibitoria de la ECA-I del hidrolizado.										x	x	x	x											
FPLC del hidrolizado.														x	x	x								
Cuantificación de proteínas en fracciones peptídicas.																	x	x						
Actividad antioxidante e inhibitoria de la ECA-I de las fracciones peptídicas.																	x	x	x	x				
Selección de la fracción con mayor potencial e IC ₅₀ de la fracción con mayor IECA.																					x	x		
Revisión de literatura, análisis y redacción		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Agradecimiento. A PROMEP/103.5/13/6979 por financiamiento del proyecto y a CONACYT por proporcionar la beca de posgrado (Becario 334438).

Referencias.

1. Ashwell, M. (2004). Conceptos sobre los alimentos funcionales. International Life Sciences Institute. Bélgica, 1-38.
2. Morris, J.A., Jr. (2012). Invasive Lionfish: A Guide to Control and Management. Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication, 1, 113.
3. Kim y Se-Kwon, (2013). Marine Proteins and Peptides: Biological Activities and Applications. New York, NY, USA, 817.
4. Nielsen, P.M, Petersen, D. y Dambmann, C. (2001). Improved method for determining food protein degree of hydrolysis. *Food Chemistry and Toxicology*, 66 (5), 642-646.
5. Gallegos, S. Actividad antioxidante y quelante de los productos de hidrólisis de proteína de *Jatropha curcas* L. Tesis de Doctorado, Instituto Politécnico Nacional, Yauatepec, Morelos, México, Junio, 2012.
6. Hayakari M, Kondo Y. y Izumi H, (1978). A rapid and simple spectrophotometric assay of angiotensin-converting enzyme. *Analytical Biochemistry*, 84, 361-369.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLÍCICLICOS (HAPs) DENTRO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS EN AGUAS RESIDUALES Y LODOS.

Morales-Juárez A.^a, Ponce-Caballero C.^a, Giácoman-Vallejos G.^a, Quintal-Franco C.^a,
Muñoz-Rodríguez D.^b

^aFacultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Av. Industrias no Contaminantes por Periférico Norte. Cordemex, Mérida, Yucatán, México.A.P. 150., al_cecy1204@yahoo.com.mx

^b Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ingenierías y Ciencias Exactas, Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn., Mérida, Yucatán, México.C.P. 97203.

Introducción. En las aguas residuales urbanas o domésticas pueden influir una mezcla de diversas descargas, por lo que éstas presentan una composición variada de contaminantes y por lo tanto resulta ser una matriz ambiental muy compleja de analizar. Sin embargo, en los últimos años, en este tipo de muestras se han ido desarrollando y adaptando distintos métodos que han ayudado a la identificación de un gran número de contaminantes no sólo físicos, químicos o biológicos sino también orgánicos en concentraciones traza. Dentro de los contaminantes orgánicos, los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) son microcontaminantes considerados como, sustancias prioritarias por EU y la unión europea principalmente. Por las características fisicoquímicas de los HAPs y como consecuencia de su naturaleza lipofílica e hidrofóbica, y a su baja biodegradabilidad, pueden causar un efecto de bioacumulación y bioamplificación, ya que pueden entrar a los sistemas de tratamiento de aguas residuales asociado a la materia orgánica particulada, como parte de una descarga industrial, como un componente de un efluente doméstico, por escorrentías urbanas, por derrames de combustible fósil y por deposición atmosférica [2]. Por lo tanto, también resulta de suma importancia el tipo de disposición final, ya que estas aguas pueden ser descargadas directamente al manto freático, en un cuerpo receptor de agua o en algún sistema de tratamiento convencional como el de lodos activados. El objetivo de este estudio fue determinar el tipo de HAPs presentes en las aguas residuales y lodos, conocer si hay alguna relación entre los HAPs analizados con diferentes parámetros fisicoquímicos, y diagnosticar su posible origen.

Metodología. Se realizaron tres muestreos en tres plantas de tratamiento de lodos activados de la ciudad de Mérida, Yucatán. Las muestras de agua y lodo (material particulado), fueron tomadas en tres puntos diferentes del proceso de tratamiento (influyente, reactor biológico y efluente). Para la determinación de 16 HAPs: Naftaleno, Nap; Acenaftileno, AcPY; Acenafteno, AcP; Fluoreno, Flu; Fenantreno, Phe; Antraceno, Ant; Fluoranteno, Flt; Pireno, Pyr; Benzo(a)antraceno, BaA; Criseno, Chr; Benzo(b)fluoranteno, BbFlt; Benzo(k)fluoranteno, BkFlt; Benzo(a)pireno, BaP; Indeno(1,2,3)perileno, IPy; Dibenzo(a,h)antraceno, DahA; Benzo(g,h,i)perileno, BghiP). Las muestras de agua fueron filtradas y después fueron extraídas mediante la técnica de fase sólida (SPE) con cartuchos de C18 activados previamente. El exceso de agua de los lodos, fue retirado mediante una prensa mecánica y fueron extraídos mediante una técnica asistida por ultrasonido (UAE) en modo discreto. El análisis de las muestras se llevó a cabo mediante una técnica de cromatografía de gases con espectrometría de masas (CG/EM) de acuerdo al método EPA 625 el cual fue modificado para este tipo de matrices. En muestras de agua residual se analizaron parámetros fisicoquímicos tales como la DQO, SST, SSV, ST, SVT, GYA, NO₂, NO₃, NH₄, Pt, de acuerdo a los Métodos estándar APHA, AWWA. El diagnóstico del posible origen de los HAPs en las muestras se llevó a cabo mediante el uso de los indicadores de diferentes relaciones de HAPs. Se utilizó el análisis estadístico de conglomerados o clúster para determinar si pudiese existir alguna relación entre los HAPs y los diversos parámetros fisicoquímicos.

Resultados y Discusión. El método analítico para la detección y cuantificación de los 16 HAPs tanto en muestras de agua residual como de lodos de plantas de tratamiento de lodos activados fue validado y resultó ser adecuado para la detección y cuantificación de HAPs en este tipo de muestras ambientales, en concentraciones traza ($\mu\text{g L}^{-1}$). De acuerdo a estudios realizados por Quintal[3], Crites y Chobanoglus[4], los resultados de los parámetros fisicoquímicos coinciden por lo reportado por ellos. De acuerdo a la norma mexicana NOM-001-SEMARNAT-19963, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se observó que la concentración promedio de los SST y del PT cumplen con lo establecido con la norma, mientras que el NT supera en un 11% lo establecido en la norma y las GyA sobrepasan el límite máximo permitido en un 47%. En muestras de agua residual solo pudieron ser detectados 11 HAPs dentro de las tres PTARS, los cuales fueron: Nap, AcPY, AcP, Flu,Phe,Flt, Pyr, BaA, Chr, BbFlt y BkFlt. En lodos fueron detectados los 16 HAPs estudiados. En agua el fenantreno fue el HAP con la mayor concentración ($0.11 \mu\text{g L}^{-1}$), en los lodos analizados fueron el benzo(g,h,i)perileno, pireno, naftaleno y fenantreno, los cuales coinciden con los detectados en otros estudios [5].

Conclusiones. El método analítico el cual fue validado mostró ser específico, lineal, preciso y exacto dentro de los criterios establecidos por la US EPA. Comparado con el método 625 de la US EPA presentó una mejor resolución de los picos de los 16 HAPs estudiados, se mejoró el tiempo total del método cromatográfico y los límites de detección fueron menores. Las mayores concentraciones de HAPs corresponden a las muestras sólidas en comparación a las muestras líquidas. Los HAPs de elevado peso molecular se encontraron en mayor porcentaje en la fase sólida que en la líquida, lo cual puede ser debido a la menor solubilidad que presentan los HAPs al aumentar su peso molecular. En los análisis de clúster con un nivel de confianza del 95%, se pudo apreciar que las muestras de agua no presentaron una fuerte relación entre los HAPs y los parámetros fisicoquímicos. Con excepción del fenantreno el cual pudiera tener una mejor relación con ciertos parámetros fisicoquímicos como con los sólidos (en todas sus formas) y otros parámetros como la DQO_T, Mn, NO₃, N_T. Debido a la presencia de diversos HAPs tales como el benzo(g,h,i)perileno, criseno, indeno(1,2,3-cd)pireno, fluoranteno y pireno aunado a los resultados obtenidos de las relaciones de indicadores típicos para el diagnóstico del origen de HAPs, se puede decir que la presencia de HAPs en las aguas residuales estudiadas es tanto de origen pirólítico como petrogénico, principalmente por deposición atmosférica debida a procesos de combustión incompleta de fuentes naturales e incendios forestales, a gases de vehículos de motor de gasolina y diesel, o por alimentos asados al carbón.

Agradecimiento. Este proyecto fue realizado como parte de los estudios de doctorado financiado por la beca 171720 proporcionada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2010-2013). A la facultad de Ingeniería Civil e Ingeniería Química de la UADY por las instalaciones y equipos facilitados para el desarrollo del proyecto de investigación.

Referencias.

- [1] Cai Q, Mo C, Wu Q, Zeng Q, Katsoyiannis A. (2007) Occurrence of organic contaminants in sewage sludges from eleven wastewater treatment plants, China. *Chemosphere*.vol (68):1751-1762.
- [2] Manoli E, Samara C (2008) The removal of polycyclic aromatic hydrocarbons in the wastewater treatment process: Experimental calculations and model predictions. *Environ. Pollut* .vol151(3): 477-485.
- [3]Quintal-Franco C., Ponce-Caballero C., Giácoman –Vallejos G. (2009) Evaluación del incremento en la eficiencia de remoción de material orgánica por la aplicación del Alibio WA3. Reporte final. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Yucatán, México

- [4] Crites, R.; Tchobanoglous G. (2001) Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones; Mc Graw Hill: Colombia, pp 21-101.
- [5] Villar P, Callejon M, Alonso E, Jimenez, J, Guiraum A (2006) Temporal evolution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sludge from wastewater treatment plants: Comparison between PAHs and heavy metals. *Chemosphere*. **vol** (64):535–541.

MICROENCAPSULACIÓN DE ACEITE DE CHÍA (*Salvia hispanica*) CON POTENCIAL NUTRACÉUTICO

Us Medina, U. y Segura Campos, M.R.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte. Km 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, Yucatán, México. C.P. 97203. E-mail: ulilusmed@hotmail.com; maira.segura@correo.uady.mx

Introducción. En los últimos años la investigación científica se ha orientado al estudio, revalorización y aprovechamiento de los recursos naturales autóctonos con propiedades nutraceuticas; por otra parte, se ha incrementado la demanda de alimentos con propiedades preventivas o de control de enfermedades crónico-degenerativas. Dentro de este rubro se encuentra la semilla de chía (*Salvia hispanica*). El interés por esta semilla radica no solo en su contenido de aceite de alto valor alimenticio, sino también por sus proteínas y polisacáridos. La principal importancia por la tecnología de la encapsulación radica en la protección de compuestos biofuncionales, como lo es el aceite de chía el cual por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados a condiciones medioambientales presenta degradación, haciendo necesario el uso de subproductos como el mucilago y proteína de la misma chía como agentes encapsulantes. De esta manera se evaluará el potencial del mucilago y las proteínas de chía como agentes encapsulantes, así como también, el potencial nutraceutico del aceite encapsulado por secado en aspersión y gelificación iónica incorporados en alimentos funcionales.

Objetivo. Evaluar fisicoquímico y sensorialmente el aceite de chía microencapsulado mediante secado por aspersión y gelación iónica.

Metodología. Para llevar a cabo este estudio se utilizaron semillas de chía (*Salvia hispanica*) las cuales fueron cribadas en grueso y posteriormente utilizadas como materia prima para la extracción del mucilago, el aceite y la fracción proteínica [2]. Se llevó a cabo el encapsulado empleando el método de gelificación iónica [3] mediante un diseño factorial 2^3 (con los factores de tiempo de 10 a 30 min, concentración de calcio de 1 a 3 % y concentración de la relación alginato/mucilago de 1 a 3%); y encapsulación mediante secado por aspersión [4] realizados con seis combinaciones diferentes de materiales pared, caseinato y lactosa (CL), Caseinato-maltodextrina (CM), fracción rica en proteína de chía – maltodextrina (PM), caseinato-lactosa-mucilago (CLG), caseinato-maltodextrina-mucilago de chía (CMG) y fracción rica en proteína de chía – maltodextrina y mucilago de chía (PMG). Seguidamente se determinó la eficiencia de encapsulación [5] de ambos métodos de encapsulación además, el análisis de morfología y estructura de las cápsulas (SEM), el análisis de la distribución y el tamaño de partícula, el estado físico de las microcápsulas (DSC) [6] y el índice de estabilidad acelerada del aceite encapsulado por aspersión.

Resultados y Discusión. El diseño factorial 2^3 empleado en el método de gelificación iónica puso de manifiesto que la concentración de cloruro de calcio (1 y 3 %) y el tiempo de entrecruzamiento (10 y 30 min) no presentaron un efecto significativo, mientras que las combinaciones en la concentración del alginato/mucilago de chía resultaron ser estadísticamente significativos. La eficiencia de encapsulación obtenida por gelificación iónica y secado por aspersión se encontró en un rango de 29.77-44.91 y 53.37-96.23. Las cápsulas obtenidas por aspersión se caracterizaron fisicoquímicamente. Las micrografías del SEM de dichas microcápsulas mostraron que las mismas tienen forma lisa, son redondas con concavidades y en algunas formulaciones presentaron formas aglomeradas. Los tamaños de partícula para las emulsiones (D[4,3]) se encontraron entre 0.32 y 20.067 μm correspondientes a las formulaciones de CL y PMG. Para

el estado físico de las microcápsulas se encontraron valores de Tg en el intervalo de 40.56 a 50.18 °C correspondientes a CM y CMG. De la evaluación del tiempo de inducción oxidativa (Ti) se encontró que las microcápsulas matuvieron estable al aceite encapsulado durante un intervalo de Ti de 5.01 a 13.90 h pertenecientes a las formulaciones de CL y CMG, respectivamente.

Conclusiones. Las mejores condiciones para el encapsulado del aceite de chía fueron a concentración de 1% de mucilago/alginate (50:50 p/p) con 3 % de cloruro de calcio y 30 minutos de tiempo de entrecruzamiento. En el proceso de sacado por aspersión y acorde a los datos encontrados, el mucilago presente en las formulaciones tuvo un efecto como material pared aumentando la eficiencia de encapsulación. Las micrografías de las microcápsulas presentaron una forma lisa y redonda con poca apariencia de ruptura y poros que permitan el paso del oxígeno. Además se obtuvieron tamaños de partícula monomodal que permitieron una mejor eficiencia de encapsulación mientras que en las que tuvieron un comportamiento bimodal tuvieron una menor eficiencia siendo aquellos que mostraron una micrografías con aglomeraciones. Por otra parte, los materiales pared utilizados demostraron la capacidad de proteger al ingrediente activo ante el ensayo de estabilidad acelerada con un Ti = 13.90 h en el equipo rancimat.

Agradecimiento. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada (CVU 552567) y al Proyecto bilateral México-Argentina 189741 “Aspectos Tecnológicos-Funcionales de Subproductos de Chia (*Salvia hispánica* L.) Aplicables al Desarrollo de Alimentos” (CONACYT-CONICET).

Referencias

1. Ayerza R (Jr) (1995). Oil Content and Fatty Acid Composition of Chia (*Salvia hispánica* L.) from Five Northwestern Locations in Argentina. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 72: 1079-1081.
2. Azero E.G. y Andrade, C.T. 2006. Characterisation of Prosopis juliflora Seed Gum and the Effect of its Addition to κ -Carrageenan Systems. *J. Braz. Chem. Soc.*, 17(5):844-850.
3. Chan, E.S. (2011). Preparation of Ca-alginate beads contain-ing high oil content: Influence of process variables on encapsulation efficiency and bead properties. *Carbohydr. Polym.*, 84(4): 1267-1275.
4. Calvo, P., Hernández, T., Lozano, M., González-Gómez, D. (2010). Microencapsulation of extra-virgin olive oil by spray-drying: Influence of wall material and olive quality. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 112: 852-858.
5. Leïla Alberkane, Gaëlle Roudaut, Rémi Saurel (2014) Encapsulation and Oxidative Stability of PUFA-Rich Oil Microencapsulated by Spray Drying Using Pea Protein and Pectin. *Food Bioprocess Technol*, 7: 1505 – 1517.
6. Kouassi, G.K., Teriveedhi, V.K., Milby, C.L., Ahmad, T., Boley, M.S., Gowda, N.M., Terry, R.J. (2012). Nano-microencapsulation and controlled release of linoleic acid in biopolymer matrices: effects of the physical state, water activity, and quercetin on oxidative stability. *J. Microencapsulation Adsorpt. Sci.*, 2: 1-10.
7. Farhoosh, R., and Reza-Moosavi, S.M. (2007). Rancimat test for the assessment of used frying oils quality. *J. Food Lipids*, 14: 263-271.

ESTUDIO DEL TRANSCRIPTOMA DE *ARGEMONE MEXICANA* Y SU RELACIÓN CON LA BIOSÍNTESIS DE ALCALOIDES BENCILISOQUINOLÍNICOS

Xool-Tamayo J.F.^{a,b}, Mirón-López G.^a, Vázquez-Flota F.^b

^a)Posgrado Intitucional en Ciencias Químicas y Bioquímicas, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 x 26 y 28. Colonia Industrial. Mérida, Yucatán, C.P. 97150;

^b)Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 No. 130. Colonia Chuburná de Hidalgo. Mérida, Yucatán, C.P. 97200. xool14@hotmail.com^{a,b}, gmiro@uady.mx^a, felipe@cicy.mx^b.

Introducción. *Argemone mexicana* pertenece a la familia papaveraceae y grandes civilizaciones la adoptaron en su cultura medicinal. Esta planta posee un amplio rango de propiedades farmacológicas incluyendo antimicrobianas, antiparasíticas y antimaláricas. Además tiene actividad citotóxica y con neuronal [4]. Estas propiedades se relacionan con la presencia de los diferentes alcaloides bencilisoquinolínicos (ABIs) que produce esta planta [1,4]. La integración de algunos perfiles de alcaloides y transcripcionales ha permitido observar que la modulación en los niveles de acumulación de estos alcaloides podría estar ligada con las diferentes etapas de desarrollo temprano en esta especie. Por ello, en una primera etapa de este trabajo se obtuvieron los perfiles de acumulación de los alcaloides en diferentes tejidos, así como los transcriptomas de las raíces y partes aéreas de dos estadios de desarrollo temprano (plántulas en germinación). El análisis de los transcriptomas y de los perfiles completos de alcaloides permitirá entender de mejor manera la capacidad de *A. mexicana* para producir ABIs.

Objetivo. Establecer los tejidos involucrados en la síntesis de los diferentes tipos de alcaloides bencilisoquinolínicos en *Argemone mexicana*.

Metodología. Los perfiles de los ABIs se están analizando por HPLC y por TLC acoplado a densitometría [3]. Por otro lado, los análisis transcripcionales se están llevando a cabo por RT-PCR y PCR-tiempo real. Como otra estrategia para el entendimiento de la síntesis de los alcaloides se está ejecutando con el análisis del transcriptoma de *A. mexicana* [2].

Resultados y discusión. Previamente, algunos resultados de acumulación de los alcaloides en *A. mexicana* y los de transcritos de algunos genes ABIs permitieron sugerir que los comportamientos observados son dependientes de los estadios desarrollo de esta planta. Este semestre se realizó el ensamblado de los transcriptomas obtenidos de raíz y de la parte aérea de *A. mexicana*. En paralelo, se ha llevado a cabo parte de la anotación funcional de las secuencias de los transcriptomas ensamblados. Estas anotaciones han permitido identificar los transcritos de la ruta biosintética de los ABIs, así como posibles isoformas. Hasta el momento con el análisis del transcriptoma se ha integrado la ruta biosintética de la sanguinarina, queleritrina, berberina y alocriptopina de forma completa. La integración de la ruta de síntesis de los ABIs permitirá estudiar todos los pasos claves para la producción de estos alcaloides y sus diferencias con otras especies de plantas productoras. Además, se ha caracterizado la presencia de los ABIs en siete estadios de desarrollo de plántulas de *A. mexicana*. Los resultados muestran que la acumulación es debida a los diferentes cambios fisiológicos ocurridos durante el desarrollo. Estos resultados son el principio para los futuros análisis bioquímicos de las enzimas de los alcaloides.

Conclusiones

- 1.-La ruta de síntesis de la sanguinarina, berberina y alocriptopina están completas en *A. mexicana*.
- 2.-La acumulación de alcaloides es influenciado por el estadio fisiológico de *A. mexicana*.

Agradecimientos

- M.C. Manlio J. Graniel Sabido, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán.
- M.C. Miriam Monforte González, Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Dr. Gonzalo Mena Rejón, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, No becario: 203178.
- Facultad de Química, por apoyos económicos.
- Universidad Autónoma de Yucatán, por apoyos económicos.
- Centro de Investigación Científica de Yucatán, por apoyos económicos.

Referencias

- 1.-Brahmachari, G., Gorai, D. y Roy, R. (2013). Argemone mexicana: chemical and pharmacological aspects#. *Rev Bras Farm Braz J Pharm*,**23**(3):559-575.
- 2.-Góngora-Castillo, E., Fedewa, G., Yeo, Y., Chappell, J., DellaPenna, D. y Buell, C.R. (2012). Genomic Approaches for Interrogating the Biochemistry of Medicinal Plant species. *Meth Enzym*, **517**:140-158.
- 3.-Monforte-González, M., Guizar-González, C., Rubio-Piña, J., Carrillo-Pech, M., y Vázquez-Flota, F. (2012). Berberine and Sanguinarine Quantitation in *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae) Tissues by TLC-*In Situ*Fluorography. *J Plan Chrom*, **4**:358-360.
- 4.-Rubio-Piña, J. y Vázquez-Flota, F. (2013). Pharmaceutical Applications of the Benzyloisoquinoline Alkaloids from *Argemone mexicana* L. *Curr Top Med Chem*,**13**(17):2200-2207.

ESTUDIO DEL ALMIDON MODIFICADO DE BANANO ENANO GIGANTE (*Musa Cavendish*) Y SUS EFECTOS METABÓLICOS EN RATAS

Olvera Hernández V.^a, Chel Guerrero L.^a, Castellanos Ruelas A. F.^a

^aFacultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán., Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, C.P. 97203. Mérida, Yucatán, México. viryolvera11@gmail.com

Introducción. El AR no se digiere en el intestino delgado, su consumo previene y disminuye el desarrollo de condiciones fisiopatológicas como: diabetes, respuestas de glucosa e insulina, enfermedad cardiovascular, dislipidemias, obesidad, síndrome metabólico y cáncer de colon [1-2]. En forma nativa el AR se encuentra en varios alimentos pero para la industria alimentaria carece de propiedades funcionales de acuerdo al fabricante moderno [3]. Esta resistencia se genera o incrementa mediante tratamientos químicos, físicos o enzimáticos [4]. Una modificación físico-química en el almidón es la piroconversión (dextrinización) [5]. Los almidones pueden modificarse de manera complementaria, una modificación complementaria es la hidrólisis enzimática [6]. El objetivo general de este trabajo es evaluar el efecto metabólico en modelos animales del consumo de almidón de banano Enano Gigante (*Musa Cavendish*) modificado por piroconversión e hidrólisis enzimática.

Metodología.

Experimento 1. Modificación química del almidón nativo de banano enano gigante, evaluación de sus propiedades fisicoquímicas y de digestión. La obtención de almidón nativo de banano EG se realizó mediante el método de insolubilización. La modificación química del almidón nativo se llevó a cabo mediante el proceso de pirodextrinización utilizando un diseño factorial 2^3 con cuatro réplicas del tratamiento central. La modificación complementaria mediante hidrólisis enzimática se realizará con el almidón modificado obtenido en el mejor tratamiento de piroconversión. Para evaluar la digestibilidad de los almidones se evaluará el almidón disponible y el almidón resistente. Evaluación de las propiedades funcionales: Determinación de solubilidad y poder de hinchamiento, capacidad de absorción de agua y determinación de gelatinización. Los resultados obtenidos de los tratamientos de piroconversión y de hidrólisis enzimática serán procesados mediante análisis de varianza a un nivel de significancia de $P < 0.05$. La prueba de Duncan se aplicará para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos. También se realizará el análisis de regresión a través del programa estadístico Statgraphics plus 5.1. Los experimentos 2 y 3 se realizarán utilizando el almidón pirodextrinizado y la maltodextrina, que de acuerdo a las diferentes condiciones reporte mayor concentración de AR.

Experimento 2. Evaluación del efecto metabólico del almidón de banano enano gigante pirodextrinizado e hidrolizado enzimáticamente en ratas Wistar obesas. Se utilizarán 20 ratas macho variedad Wistar con peso promedio de 250 a 280 g, agrupadas de acuerdo a su peso en cuatro grupos de ocho animales por caja, bajo condiciones medio-ambientales controladas de temperatura (21 ± 1 °C), humedad relativa (55 %) y 12 h de luz/oscuridad. Se empleará el modelo en ratas Wistar, suministrando diariamente durante ocho semanas en el agua de bebida de las ratas, sacarosa al 20 %, y dieta habitual para roedores. Lo que va a permitir que los animales desarrollen obesidad central, resistencia a la insulina e hipertensión arterial. A partir de la novena semana, las ratas serán sometidas a los diferentes tratamientos durante cuatro semanas, el grupo testigo (AM) recibirá almidón de maíz digerible, el grupo AN recibirá como suplementación almidón nativo de banano EG, el grupo AP recibirá pirodextrina de banano EG y por último el grupo AMER maltodextrina enzimática resistente de banano EG. Cada tratamiento será incluido a la dieta de los animales moliendo el alimento base e integrando los diferentes tratamientos en una proporción del 10 %, para comprimirlo y formar pellets. Al iniciar la ingesta de las dietas

experimentales, al término de la segunda semana y al finalizar la cuarta semana, los animales serán puestos en ayuno de 12 h para ser anestesiados vía ip. con pentobarbital sódico (50 mg/kg), se les realizarán tomas de sangre por la vena coccígea para determinar en suero mediante kit, niveles de glucosa, insulina, y perfil lipídico. Al término de cada semana, los animales tendrán monitoreo de peso corporal e ingesta de alimento. Posterior al último muestreo de sangre, los animales serán sacrificados en cámara de CO₂ para extraer los principales tejidos grasos (visceral, epidídimo, retroperitoneo) y determinar índice de adiposidad. Los resultados se expresarán como la media aritmética \pm desviación estándar de la media. Se realizará un análisis ANOVA con $P < 0.05$; para comparar los tratamientos se aplicará la prueba de Tukey.

Experimento 3. Evaluación del almidón pirodextrinizado e hidrolizado enzimáticamente en ratas Sprague Dawley con cáncer de colon inducido por 1,2-dimetilhidrazina. Se utilizarán 20 ratas macho variedad Sprague Dawley de 35 días de edad con peso promedio de 80 a 90 g y cuatro semanas de edad, bajo condiciones medio-ambientales controladas de temperatura (21 ± 1 °C), humedad relativa (55 %) y 12 h de luz/oscuridad. Se empleará el modelo en ratas Sprague Dawley, utilizando el carcinógeno 1,2-dimetilhidrazina (1,2-DMH). Consistirá en proporcionar a las ratas agua y alimento convencional a libre demanda durante una semana de adaptación. Posteriormente los animales serán agrupados de acuerdo a su peso en cuatro grupos de ocho animales por caja. Las dietas serán suministradas durante 22 semanas, al término de la segunda semana se les inyectará de manera semanal 21 mg/kg de 1,2-DMH (0.9% NaCl y 0.037 % de EDTA, pH 6.5) vía subcutánea, durante 8 semanas. Los tratamientos se llevarán a cabo de la siguiente manera: el grupo testigo (AM) recibirá almidón de maíz digerible, el grupo AN recibirá como suplementación almidón nativo de banano EG, el grupo AP recibirá pirodextrina de banano EG y por último el grupo AMER maltodextrina enzimática resistente de banano EG. El alimento convencional para roedores será pulverizado y los diferentes tratamientos serán agregados en un 10 % para posteriormente comprimirlos en forma de pellet y suministrarlos a los animales. Al término de las 22 semanas, los animales serán puestos en ayuno de 12 h para ser sacrificados en cámara de CO₂ y extraer el intestino grueso, el cual será medido y pesado. Se cortará longitudinalmente por el borde antimesentérico y se recolectará su contenido fecal en crioviales para extraer las heces y medir de manera inmediata el pH. Posteriormente será lavado con solución fisiológica y congelado con nitrógeno líquido a -70 °C hasta realizar la identificación de las lesiones y los tumores en base a la zona del colon para clasificarlas de forma macroscópica. Las heces serán almacenadas a -70 °C para analizar posteriormente actividad enzimática de B-Glucoronidasa y ácidos grasos de cadena corta. Los resultados se expresarán como la media aritmética \pm desviación estándar de la media. Se realizará un análisis ANOVA con $P < 0.05$; para comparar los tratamientos se aplicará la prueba de Tukey. Se utilizará estadística descriptiva para identificar las lesiones y los tumores en el colon, el estudio histopatológico y el grado de inflamación.

Resultados preliminares. De acuerdo a la modificación del método de insolubilización se obtuvo un rendimiento de almidón nativo de *M. Cavendish* con respecto al contenido de pulpa del 6.6 %. Todas las pirodextrinas estudiadas mostraron una apariencia visual de un polvo muy similar a la coloración del almidón nativo de *M. Cavendish*. Sin embargo, no se observó diferencia significativa en ningún tratamiento, por lo cual no se afectó el color en la elaboración de la pirodextrinas. La luminosidad (*L) en el tratamiento 6 (73.69) fue la más baja, presentando diferencia significativa ($P < 0.05$) con respecto al almidón nativo. En donde los niveles más altos de temperatura y tiempo fueron los factores responsables de esto. Propiedades funcionales: La temperatura inicial, pico y final de gelatinización del almidón de *M. Cavendish* fueron las correspondientes a 66.9, 73.95 y 81.4 °C respectivamente. La entalpía de gelatinización registrada fue de 12.16 J/g. La solubilidad, el poder de hinchamiento y la absorción de agua del almidón nativo de *M. Cavendish*, se relacionó directamente con el incremento de la temperatura a la cual fue sometido. Los patrones de poder de hinchamiento y capacidad de absorción de agua, muestran

que el almidón de banano enano gigante no se hincha a temperaturas menores de 70 °C. Su poder de hinchamiento a 90 °C fue de 19 g de agua/g de almidón. La solubilidad del almidón de *M. Cavendish*, se mantiene baja en los rangos de temperatura de 25 a 60 °C. A partir de los 70 °C, su solubilidad comenzó a incrementar (12.78 %). Mostrando la máxima solubilidad (29.20 %) a los 90 °C.

Referencias.

1. Brown, I.L. (2004). Applications and uses of resistant starch. *Journal of AOAC International*, 87, No 3, p. 727-732.
2. Sharma, A., Yadav, B. S. y Ritika. (2008). Resistant Starch: Physiological Roles and Food Applications. *Food Reviews International*. 24:2,193-234.
3. Segura, M.A. y Betancur, D. (2013). Almidones modificados: implicaciones funcionales y nutrimentales. Yucatán, México: Editorial Académica Española.
4. He, J., Liu, J. y Zhang, G. (2008). Slowly Digestible Waxi Maize Starch Prepared by Octenly Succinic Anhydride Esterification and Hat-moisture Treatment: Glycemic Response and Mechanism. *Biomacromolecules*, 9:175-184.
5. Neimo, L. (1999). *Papermaking Chemistry*. Tappi Press. Finland.
6. Wurzburg, O.B. (1995). "Modified Starches". In: *Food Polysaccharides and Their Applications*. pp. 67-97, Edit by Alistair M. Stephen, Marcel Dekker Inc. U.S.A.
6. Segura, M.A. y Betancur, D. (2013). Almidones modificados: implicaciones funcionales y nutrimentales. Yucatán, México: Editorial Académica Española.

ENCAPSULACIÓN DE COMPUESTOS ANTICÁNCER EN PARTÍCULAS MESOPOROSAS DE SILICIO RECUBIERTAS CON UN POLI (β -amino éster) SENSIBLE A pH

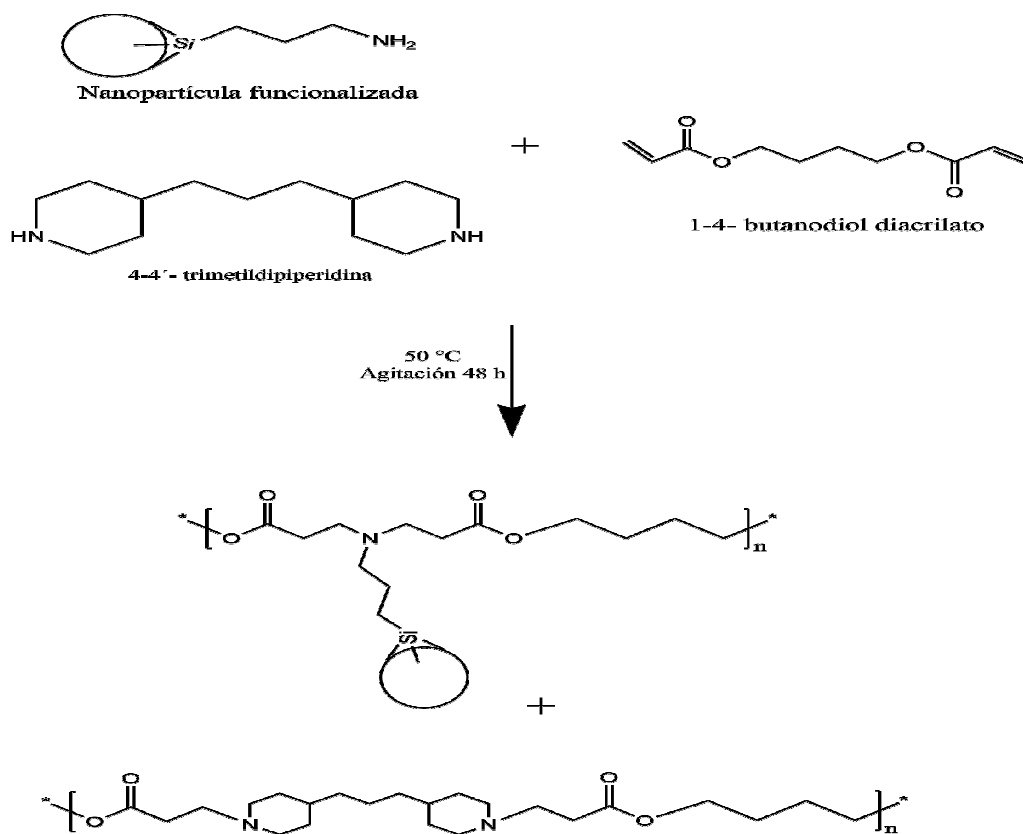
Talavera Pech W., Ávila Ortega A., Esparza Ruiz A.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte. Km 33.5, Tablaje Catastral v13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, Yucatán, México. C.P. 97203. E-mail: wil.atp@gmail.com; alejandro.avila@uady.mx; Adriana.esparza@uady.mx.

Introducción: El cáncer es una enfermedad que involucra cambios en el genoma celular, estas mutaciones dotan a las células malignas con las propiedades de crecimiento incontrolado y proliferación[1]. Aunque el número de casos de cáncer continúa creciendo, también la innovación en estrategias para el tratamiento de ese padecimiento ha crecido, por ejemplo, la quimioterapia, que es una de las técnicas para el tratamiento del cáncer, ha sido mejorada con el uso de nuevos fármacos y nuevos sistemas de liberación, dando lugar a la terapia de liberación controlada. Sin embargo, la mayoría de los fármacos anticancerígenos utilizados hasta ahora pueden sufrir degradación química y enzimática en el ambiente biológico y además conllevan a considerables efectos secundarios[2], por lo que es conveniente crear un sistema de liberación controlada que proteja al fármaco del ambiente biológico y evite su contacto con células sanas, para aumentar subdisponibilidad en la zona de las células malignas. Una estrategia efectiva para lograr este sistema es la modificación superficial de nano o micro-partículas de silicio, obtenidas por el proceso sol gel [3], con moléculas que reaccionen ante algún estímulo presente en los tejidos malos, como los poli(β -amino éster) que son polímeros con la característica de que a pH fisiológico (7.4) se encuentra sólido, estable, mientras que a pH más bajo (6.5), como el que se encuentra en tejidos tumorales[4], se disuelve liberando moléculas que se encuentren encapsuladas en su interior[5]. Este proyecto de investigación busca la protección de la doxorubicina como modelo de encapsulación de fármacos en nanopartículas mesoporosas de silicio modificadas mediante un nuevo método en el que son parte de la polimerización de un poli(β - amino éster) el cual es sensible a pH.

Objetivo: Encapsular el fármaco anticancerígeno doxorubicina, en un sistema diseñado a base de nanopartículas mesoporosas de silicio modificadas con poli(β -amino éster).

Metodología: Mediante el método sol-gel, se llevará a cabo la síntesis de las nanopartículas mesoporosas de silicio con dos precursores: tetraetil ortosilicato y distintos porcentajes de 3-aminopropiletoxosilano, las cuales posteriormente participaran en una polimerización con 1-4-butanodiol diacrilato y distintos porcentajes de 4-4'trimetildipiperidina (esquema 1). Para la encapsulación del fármaco las nanopartículas mesoporosas de silicio modificadas con polímero, serán suspendidas en distintas cantidades de una solución de 1mg/mL de doxorubicina, utilizando un diseño experimental 2^3 con 5 puntos centrales, tomando en cuenta los siguientes factores: porcentaje de 3-aminopropiletoxosilano, porcentaje de 4-4'trimetildipiperidina y cantidad de solución de carga. El estudio de la liberación de la doxorubicina se llevara a cabo mediante análisis UV a pH's de 4, 5, 6 y 7.4 en PBS a 37°C. La caracterización del sistema de liberación se llevara a cabo mediante una serie de técnicas: Espectroscopia de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR), Microscopia electrónica de barrido (SEM), Microscopia de transmisión electrónica (TEM), Dispersión de luz dinámica (DLS) y Adsorción-desorción de nitrógeno.



Esquema 1 Reacción de las nanopartículas modificadas con grupos amino con 1-4-butanodiol diacrilato, para la formación del poli(β - amino éster).

Bibliografía:

1. Hanahan, D.; Weinberg, R. A. The hallmarks of cancer. *Cell* **2000**, *100*, 57-70.
2. Adeli, M., Ed.; In *Cancer Etiology, Diagnosis and Treatments: Hybrid Nanostructures in Cancer Therapy*; Nova Science Publishers, Inc.: New York, NY, USA, **2012**; .
3. Coradin, T.; Boissière, M.; Livage, J. Sol-gel chemistry in medicinal science. *Curr. Med. Chem.* **2006**, *13*, 99-108.
4. Na, K. pH-sensitive polymeric micelles for the effective delivery of anti-cancer drug. *Korean J. Gastroenterol.* **2007**, *49*, 314-319.
5. Langer, R. S.; Lynn, D. M.; Putnam, D.; Amiji, M. M.; Anderson, D. G. *Biodegradable poly (beta-amino esters) and uses thereof* **2012**.

DETERMINACIÓN DEL EFECTO HIPOTENSOR E HIPOGLUCEMIANTE DE *Chrysophyllum cainito* EN MODELOS FARMACOLÓGICOS

Tzec Nahuat A., Sánchez- Recillas A., Ortiz – Andrade R.

Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 43 S/N. Mérida, Yucatán, C.P.97069, almatzec@gmail.com

Introducción. Las enfermedades crónico-degenerativas representan una de las principales causas de mortalidad en la población del país, la Diabetes Mellitus (DM) y la Hipertensión Arterial (HTA) sobresalen, ocupando el primer y séptimo lugar en este tipo de padecimientos a nivel nacional respectivamente [1]. La DM se define como la hiperglicemia en la sangre producto de la disminución en la secreción de insulina o resistencia a ella, por otra parte la HTA se refiere al aumento en la tensión arterial como resultado del elevado flujo sanguíneo. Para ambos padecimientos existe tratamiento farmacológico amplio; sin embargo genera reacciones adversas importantes e interacciones medicamentosas que llevan a disminución en la adherencia farmacológica y como consecuencia pérdida de la eficacia terapéutica. Dado lo anterior, la población recurre al uso de terapias alternativas entre las que destaca el uso de remedios herbolarios preparados a partir de plantas medicinales [2]. En éste contexto, nuestro país cuenta con gran conocimiento sobre el uso medicinal de las plantas; en particular, los Mayas peninsulares se destacan por practicar, desde hace miles de años hasta hoy en día, la elaboración de remedios herbolarios. Así, se estima que la península cuenta con alrededor de 2200 especies de plantas, de las cuales 680 se ha documentado algún uso medicinal, entre ellos destaca el *Chrysophyllum cainito* que reportes etnomédicos sugieren que es utilizado para la pérdida de peso, disentería y enfermedades crónicas como HTA y DM. Así mismo, se han aislado importantes moléculas de las hojas, corteza y frutos con importantes reportes farmacológicos, entre las que destacan los compuestos tipo triterpenos, flavonoides, alcaloides entre otros [3]. Con base en los antecedentes descritos de *C. cainito*, el presente trabajo se encaminará a evaluar los efectos hipoglucemiantes e hipotensores de dicha especie vegetal, con la finalidad de respaldar el uso etnomédico que le atribuyen en la medicina tradicional Maya, o bien proponer las bases farmacológicas para el desarrollo de un nuevo fitofármaco que pueda ser utilizado para el tratamiento de la hipertensión y/o diabetes.

Determinar el potencial hipotensor e hipoglucemiante del extracto metanólico de la especie vegetal *Chrysophyllum cainito* en modelos farmacológicos de hipertensión y diabetes.

Metodología. Con base en la medicina tradicional, se realizará el extracto de *C. cainito* (EMCc), el cuál se utilizará para realizar las evaluaciones farmacológicas. Para todos los ensayos, se utilizarán ratas adultas macho de la cepa Wistar. La determinación del efecto vasorrelajante *ex vivo* se utilizarán anillos de aorta de rata pre-contráidos con Noradrenalina $1 \times 10^{-7} \text{M}$, se determinará el efecto mediante diluciones del extracto (1000 a $0.003 \mu\text{g/ml}$), utilizando carbacol (1×10^{11} a $1 \times 10^{-6} \mu\text{g/ml}$) como control positivo, los cambios en la tensión del tejido serán registrados mediante un transductor de fuerza BIOPAC. Para el ensayo *in vitro* se determinará la inhibición de enzimas α -glucosidasas intestinales de roedor, utilizando el método de glucosa oxidasa, donde se observará la liberación de glucosa en presencia de 25, 12.5, 6.25, 3.12 y 1.52 mg/mL del EMCc, empelando Acarbosa como control positivo (10mg/mL), la absorbancia se determinará en un fotómetro a 490nm. Los ensayos *in vivo* del efecto hipotensor e hipoglucemiante, se realizará con grupos de cinco animales los cuales cada uno recibirá un tratamiento diferente, se administrarán vía intragástrica (IG), con solución salina al 0.9%, nifedipina 30 mg/Kg y EMCc en dosis de 100, 200 y 300 mg/Kg La presión sistólica (PS), la presión diastólica (PD) y la frecuencia cardíaca (FC) serán medidas al inicio del experimento (tiempo cero) para continuar 1h, 3h, 5h y 7h posterior a la administración del tratamiento. Para el efecto hipoglucemiante se seguirá el procedimiento previamente

descrito y se administrara para este caso 5 ml/Kg de solución salina adicionada con Tween 80 al 10% como grupo blanco, control positivo Glibenclamida (10 mg/Kg) y EMCc a las dosis de 100, 200 y 400 mg/Kg. Las muestras sanguíneas serán tomadas por una incisión en la vena caudal del roedor a los diferentes tiempos de experimentación (0, 1, 3, 5 y 7 horas). Los niveles plasmáticos de glucosa serán determinados por un glucómetro portátil convencional.

Resultados y Discusión. Se realizó la identificación y recolecta de las hojas de *Chrysophyllum cainito*, las cuales fueron sometidas a un proceso de secado en estufa y molienda. Se utilizó 80g de material vegetal seco y molido el cual fue sometido a extracción exhaustiva con metanol vía maceración, con recambio de disolvente cada 72h por triplicado. Posteriormente, el extracto fue filtrado y sometido a sequedad total mediante un rotaevaporador al vacío obteniéndose 4.0767g de extracto correspondiente al 5.10 % de rendimiento. Este será utilizado para realizar las evaluaciones farmacológicas.

Conclusiones.

ACTIVIDADES	2014					2015							
	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Recolecta e identificación del material vegetal en la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	X	X											
Obtención del extracto metanólico integro de <i>Chrysophyllum cainito</i> (EMCc)			X	X	X								
Evaluación del efecto Vasorrelajante del EMCc en modelo de anillo de aorta de rata pre-contráidos con $NA\ 1 \times 10^{-7}M$						X	X	X	X				
Evaluación del efecto inhibitorio del EMCc sobre enzimas α -glucosidasas de roedor.										X	X		

ACTIVIDADES	2015					2016							
	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
Revisión bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Evaluación del efecto hipotensor agudo en ratas normotensas del EMCc	X	X	X	X									
Evaluación del efecto hipoglucemiante agudo en ratas normoglucémicas del					X	X	X	X					
Escritura de la tesis						X	X	X	X	X	X		

Agradecimiento. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, por el apoyo con el número de Beca 248206.

Referencias.

1. Instituto Nacional de Geografía (INEGI), estadísticas de salud en establecimientos particulares. (2011). *Anuario estadístico*. (10), 5.
2. Méndez, M.; Duran, R.; Campos, S.; Dorantes, A. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. 1ª edición Centro de Investigación científica de Yucatán (CICY), 2010; pp 349-352.
3. N'Guessan K, Soro D, Kouassi KE, Amoikon KE, Djaman AJ, Traoré D.(2008). Effet de l'extract des racines de *Jatropha gossypifolia* sur la glycémie de lapins diabétiques. *Pharm.*, 9(1), 13-21.

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA BIORREFINERÍA DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE *JATROPHA CURCAS* USANDO CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Navarro Pineda F.^a, Sacramento Rivero J.C.^a, Handler R.^b

^a Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Periférico Norte Kilómetro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, C.P. 97203, MÉXICO. fredonava@gmail.com.

^b Sustainable Future Institute, Michigan Technological University, 840 Dow Building, Houghton, Michigan, C.P. 49931, UNITED STATES OF AMERICA.

Introducción. La expansión de un proceso de producción de biocombustible al concepto de biorrefinería hace que la biomasa sea aprovechada de manera íntegra, lo cual permite mejorar el desempeño económico y ambiental del sistema. La biomasa es la materia prima de una biorrefinería y se provee en forma de lignocelulosa, azúcares y/o lípidos, componentes que deben ser separados y apropiadamente transformados por medio de procesos termoquímicos, bioquímicos, mecánicos y/o químicos [1].

Aunque existen varios marcos para evaluar la sostenibilidad de la industria química, estos no son suficientes para el caso de una biorrefinería ya que no consideran los objetivos principales de la misma, es decir, la contribución a la seguridad energética y la mitigación al impacto en el calentamiento global generado por los energéticos de origen fósil. El presente trabajo pretende generar una estrategia para la evaluación de sostenibilidad de una biorrefinería teniendo en cuenta el marco de evaluación de sostenibilidad propuesto por Sacramento-Rivero [2].

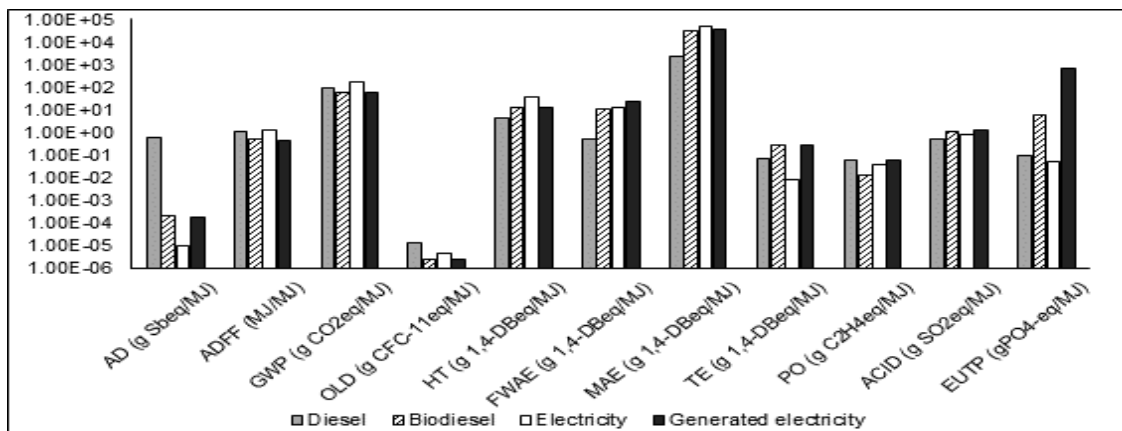
Como caso de estudio se presenta el diseño de una biorrefinería de aprovechamiento integral de la cosecha de *Jatropha curcas*, no solo por sus características que la hacen una materia prima atractiva para la producción de biocombustibles, sino también porque se están realizando estudios en torno a las posibilidades de su aprovechamiento en México.

Metodología. Como escenario base se tiene en cuenta únicamente la producción de biodiesel a partir del aceite de *jatropha* empleando la biomasa residual derivada del proceso para la generación de calor y electricidad. Se asume una distribución de materia seca producida por la *jatropha* de 25% p/p en tallos, 25% p/p en hojas y 50% p/p en frutos. Los frutos consisten en 65% p/p en semilla y 35% en pericarpio, las semillas consisten en 60.3% p/p de endospermo y 39.7% p/p de tegumento y, el endospermo consiste en 89.55% p/p en aceite y 10.45% p/p en harina. Para la realización de cálculos se asumió una productividad de semilla de 1500 kg/ha/a. La estructura del triglicérido se determinó mediante la metodología de Hayakawa [3] junto con la composición de ácidos grasos del aceite de *jatropha*.

Los balances de masa y energía se realizaron por medio de hojas de cálculo en Microsoft Excel 2013 vinculadas a simulaciones ejecutadas en Aspen Plus v8.4. Dichos balances fueron empleados para realizar el análisis de ciclo de vida (ACV) ambiental del sistema mediante el programa Simapro v8.4 bajo la metodología CML-IA 2000. Los impactos estudiados son reducción de recursos abióticos (AD), reducción de recursos fósiles (ADFF), calentamiento global (GWP), reducción de la capa de ozono (OLD), ecotoxicidad humana (HT), ecotoxicidad de agua fresca (FWAE), ecotoxicidad marina (MAE), ecotoxicidad terrestre (ET), oxidación fotoquímica (PO), acidificación (ACID) y eutrofización (EUTP). El ACV considera la etapa de cultivo de la *jatropha*, la transformación de la biomasa y el uso de los productos finales incluyendo su combustión.

Basándose en una revisión bibliográfica, se consultaron los diferentes subprocesos que han sido estudiados para el aprovechamiento de la biomasa de *Jatropha curcas*. Dichos subprocesos fueron añadidos al proceso de producción de biodiesel. La selección tuvo en cuenta la factibilidad de realizar un balance de masas y energía del subproceso, así como de llevarlo a cabo en operaciones piloto o en etapa industrial.

Resultados y Discusión. Teniendo en cuenta un rendimiento de extracción mecánica del 65.86% [4] y las condiciones óptimas de transesterificación reportadas por Chitra et al [5], la producción de biodiesel y glicerol se calcula en 513 y 59.47 kg/ha/a, respectivamente. La combustión de la biomasa residual (pericarpio y torta de semilla) genera el calor suficiente para el proceso de producción de biodiesel, así como 7042 MJ/ha/a de electricidad para la red eléctrica. De hecho, la combustión genera un exceso de 27742 MJ/ha/a de calor que puede ser empleado por una industria alterna. Los resultados del ACV muestran que la etapa agrícola es aquella que más contribuye a la mayoría de las categorías de impacto analizadas. La figura 1 muestra los impactos ambientales potenciales de biodiesel y la electricidad generados por el sistema usando la asignación energética.



Agradecimientos. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT. Beca No. 529814.

Figura 1. Impactos ambientales potenciales del diésel, biodiesel, electricidad convencional y la electricidad generada.

Conclusiones. Teniendo en cuenta una productividad de semilla de jatropha de 1500 kg/ha/a, se obtiene una producción de biodiesel y glicerol de 513 y 59.47 kg/ha/a, respectivamente, así como una generación de electricidad de 7042 MJ/ha/a. La combustión de la biomasa residual permite que el proceso sea energéticamente independiente. El ACV ambiental del sistema indica que la fase agrícola es aquella que contribuye más a las categorías de impacto analizadas. Aunque el biodiesel y la electricidad producidos presenten un mejor desempeño energético y un menor GWP que la alternativa fósil. Futuro trabajo consta del análisis de otras formas de aprovechamiento de la biomasa residual, así como la evaluación de sostenibilidad.

Referencias.

1. Cherubini F (2010). The biorefinery concept: Using biomass instead of oil for producing energy and chemicals. *Ener Convers Manage*.51(7):1412-1421.
2. Sacramento-Rivero JC (2012). A methodology for evaluating the sustainability of biorefineries: framework and indicators. *Biofuels, Bioprod. Biorefin*.6(1):32-44.
3. Hayakawa K (1967). A method for calculating the ratio of each possible type of triglyceride in natural fat. *JAACS*. 44(2):354-356.
4. Pradhan RC, Mishra S, Naik SN, Bhatnagar N, Vijay VK (2011). Oil expression from Jatropha seeds using a screw press expeller. *Biosyst Eng*. 109(2):158-166.
5. Chitra P, Venkatachalam P, Sampathrajan A (2005). Optimisation of experimental conditions for biodiesel production from alkali-catalysed transesterification of Jatropha curcus oil. *Energy Sustain Dev*. 9(3):13-18.

SÍNTESIS BIOMIMÉTICA ASISTIDA POR MICROONDAS DE DÍMEROS TRITERPÉNICOSCáceres Castillo, D.^a, Mena Rejón, Gonzalo J.^a, Díaz Ortiz, A.^b^a Facultad de Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 41 No. 421 Col. Industrial. Mérida, Yucatán, C.P. 97150. davidcacerescastillo@gmail.com^b Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas, Universidad de Castilla-La Mancha, Avenida de Camilo José Cela, 10. Ciudad Real, España 13071.

Introducción. La familia Celastraceae se encuentra caracterizada por la producción de derivados terpénicos, tales como las metilénquinonas triterpénicas. Este tipo de metabolitos constituyen un grupo de nor-D:A-friedooleanos insaturados y oxigenados, y se encuentran restringidos a las raíces de especies de esta familia. [1] Aunque hoy en día se conocen más de 100 triterpenoides de este tipo, el interés por estudiar esta clase de metabolitos radica en su complejidad estructural, reactividad química y sus propiedades biológicas.[2] Los dímeros triterpénicos son una clase de compuestos formados por dos unidades triterpénicas denominadas metilénquinonas como pristimerina y tingenona enlazadas por dos uniones éter con geometría cis entre un triterpeno aromático y un triterpeno quinónico. Estos metabolitos han sido aislados exclusivamente de especies de la familia Celastraceae y la ruta biosintética postulada para la formación de estos dímeros, se fundamenta en una actividad enzimática de tipo Diels-Alder (DA), esto sugiere que una metilénquinona triterpénica en conjunto con una forma ortoquinónica que actúa como heterodieno, podrían reaccionar para formar el correspondiente aducto.[3] Sin embargo al día de hoy, solamente se han reportado tres enzimas purificadas o parcialmente purificadas con actividad Diels-Alder, de estas solamente una cataliza una cicloadición intermolecular y ninguna promueve transformaciones de tipo hetero-Diels-Alder (HDA).[4] Con el propósito de aportar información a un proceso hasta ahora especulativo y tomando en consideración que en muchos casos la síntesis biomimética hacia un dímero en particular puede proporcionar certidumbre, se propone para este trabajo la evaluación de la reactividad de metilénquinonas triterpénicas en reacciones de cicloadición de tipo hetero-Diels-Alder (HDA). Adicionalmente y con el propósito de superar los inconvenientes del calentamiento clásico en reacciones de cicloadición, se propone la incorporación de la radiación microondas como una metodología eficiente que mimetice la biosíntesis fisiológica, con lo que se espera aportar información mecanística para comprender la etapa de cicloadición en estos metabolitos.

Metodología. En un tubo Schlenk secado en la estufa, se pesaron 0.11 g de 3,5-di-*ter*-butil-*o*-quinona y 0.15 g de quercetina. Posteriormente se disolvieron con 5 mL de dioxano anhidro y se llevó a reflujo en placa de calentamiento bajo atmósfera de nitrógeno, utilizando tiempos de 10, 20 y 30 h para cada reacción evaluada. Terminado el tiempo de reacción, se evaporó el disolvente a presión reducida. La mezcla de reacción se purificó en una columna cromatográfica utilizando como fase estacionaria SiO₂ y mezclas de CH₂Cl₂ y AcOEt en gradiente. Las reacciones promovidas por microondas se realizaron en un reactor focalizado CEM Discover con una frecuencia de 2450 MHz y una potencia de salida de 100 W, por 30 min. Los espectros de resonancia magnética nuclear (RMN) se obtuvieron en un equipo Bruker Avance Ultrashield 400 MHz, empleando como disolvente metanol deuterado. Los espectros de masas se obtuvieron en un equipo de alta resolución Jeol GC-Mate II utilizando 70 eV en impacto electrónico y en la modalidad de FAB (+), alcohol nitrobenzílico NBA como matriz y disuelto en CH₂Cl₂ relación 2:1 (CH₂Cl₂:NBA) y resolución de 3000, utilizando Xe como gas ionizante.

Resultados y Discusión. Con el propósito de establecer las condiciones de reacción pertinentes para una reacción de cicloadición utilizando reactivos de origen natural y comercial. Se propuso un sistema que consideró la 3,5-di-*ter*-butil-*o*-quinona (**1**) como heterodieno comercial; y al flavonoide quercetina (**2**), en

particular el doble enlace ubicado en las posiciones 2 y 3 del anillo C como heterodienófilo. Como condiciones iniciales para la reacción, se utilizaron cantidades equimolares [5] de los reactivos y dada la polaridad de la quercetina, se utilizó dioxano como disolvente. El estudio del sistema incluyó tiempos de reacción de 10 h tal y como se establece en la literatura, sin embargo con el propósito de obtener mejores conversiones se evaluaron tiempos de 20 y 30 h de reacción a reflujo del disolvente. Al observar el análisis cromatográfico de las mezclas de reacción fue posible determinar la conversión al observar una baja proporción de los reactivos. La purificación por cromatografía en columna y el análisis por Resonancia Magnética Nuclear (RMN- ^1H) y por Espectrometría de Masas de Alta Resolución (EMAR) permitió caracterizar el producto de cicloadición como el 8,10-di-*ter*-butil-5a-(3,4-dihidroxifenil)-1,11a-dihidroxi-5aH-benzo[5,6][1,4]dioxino[2,3-b]cromen-12(11aH)-ona (**3**) (Fig. 1). Los rendimientos de la reacción oscilaron en un 35 a 37%, con lo que quedó establecido que el tiempo óptimo de la reacción en condiciones clásicas de calentamiento (placa de calentamiento) fue de 10 h. Posteriormente con el objetivo de evitar la descomposición de los reactivos y de mejorar los tiempos y/o rendimientos de reacción, se procedió a estudiar la cicloadición en condiciones de microondas. De este análisis fue posible establecer un tiempo de 30 min para obtener un rendimiento del 37%.

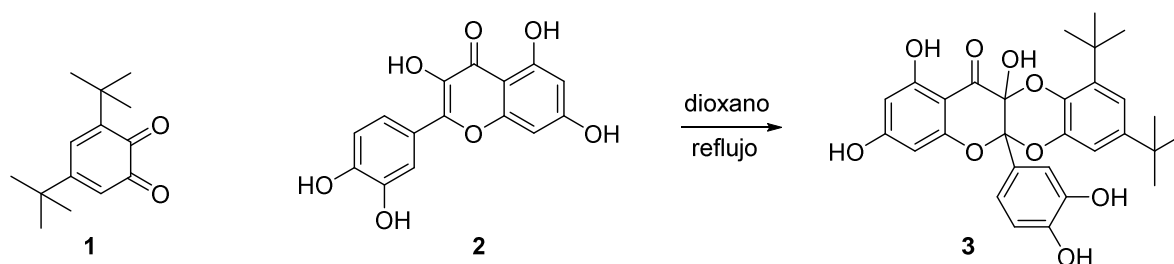


Fig. 1. Obtención del producto **3** por reacción de cicloadición [4+2]

Conclusiones. Se establecieron condiciones de calentamiento clásico para la reacción de cicloadición entre la 3,5-di-*ter*-butil-*o*-quinona y la quercetina, de estas condiciones se obtuvo que un tiempo de 10 h a reflujo en dioxano es posible obtener un rendimiento entre 35 y 37% para la obtención del cicloaducto. A partir de las condiciones clásicas se establecieron condiciones de calentamiento por microondas para la reacción estudiada, en estas condiciones se mejoró el tiempo de reacción al pasar de 10 horas a 30 minutos (20 veces más rápido), con lo que se concluye que con estos reactivos es posible realizar una reacción de tipo *hetero* Diels-Alder utilizando un sustrato natural.

Agradecimiento. El presente trabajo se desarrolla como parte del proyecto “Estrategia multidisciplinar en la búsqueda de nuevos agentes antiparasitarios de origen vegetal. Aislamiento, caracterización y modificación de moléculas obtenidas de celastráceas” CONACYT (101265). A la Facultad de Química de la UADY por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

Referencias.

1. Gunatilaka, A. A. L. (1996) Triterpenoid quinonemethides and related compounds (Celastruloids) En: *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products*, Springer-Verlag, Nueva York, pp. 18-19.
2. Rodríguez Pérez, F. M. Estudio fitoquímico de especies de la familia Celastraceae (flora panameña): *Maytenus blepharodes* y *Crossopetalum lobatum*. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, La Laguna, octubre de 2000.
3. Shiota, O.; Sekita, S.; Satake, M.; Morita, H.; Takeya, K.; Itokawa, H. (2004) Nine New Isoxuxuarine-Type Triterpene Dimers from *Maytenus chuchuhuasca*. *Chem.Biodivers.* **1**, 1296-1307.
4. Stocking, E. M.; Williams, R. M. (2003) Chemistry and Biology of Biosynthetic Diels–Alder Reactions. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **42**, 3078-3115.
5. Kaizer, J.; Speier, G.; Ösz, G.; Giorgid, M. and Réglie, M. (2004) The facile formation of trioxanaphthalenes by [4 + 2] addition of flavonols to 1,2-benzoquinone. **45**, 8011–8013.