**Formato para el registro de proyectos   
de investigación docente**

**Título**

Métodos alternativos de conservación de productos vegetales: multisistemas con nanopartículas poliméricas, productos naturales y recubrimientos comestibles.

**Nombre del investigador:** Dr. Andrés Mauricio Piña Barrera

**Investigadores asociados:** Mc Tomas Felipe Cahuich Cahuich (Faced-Um), Eh Claudia Pérez Dionisio (Facsa-Um), Dra. Gabriela Domínguez Monzón (Facsa-Um) Dra. Rocío Álvarez (Fm-Uanl), Dr. Sergio Galindo (Fcb-Uanl).

**Facultad/Escuela o Departamento:** Facultad de Ciencias de la Salud/QCB

**Línea de investigación:** Nanotecnología aplicada al desarrollo de sistemas de liberación de moléculas biológicamente activas aplicadas en el área de alimentos

**Fecha de inicio y terminación:** febrero/2020 – mayo/2021

**Antecedentes**

En los últimos años, el rol de la frutas y verduras para la prevención de muchas de las enfermedades que aquejan a la humanidad en estos días es muy relevante. Muchos estudios mencionan el potencial de este tipo de alimentos para la prevención, he incluso, el tratamiento contra diferentes patologías. Lamentablemente, las frutas y hortalizas frescas reciben el nombre de productos perecibles debido a su tendencia inherente al daño y deterioro. Durante el período postcosecha de la fruta, es necesario garantizar una vida útil más larga del vegetal. Reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) mencionan que, en los países en desarrollo, existe una gran deficiencia en la infraestructura de comercialización, por lo tanto, las pérdidas de productos frescos posteriores a la cosecha alcanzan hasta el 50 % de la producción total (1). Las pérdidas de esta magnitud provocan daño económico considerable para la cadena productiva alimentaria, especialmente para los productores primarios. Además, la presencia de plagas representa un grave riesgo para la salud del consumidor. La FAO, en colaboración con la Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), preparó el plan de Pérdida y Desperdicio de Alimentos (PDA), que promueve el desarrollo de tecnologías innovadoras que contribuyan a reducir la pérdida de alimentos en todas las etapas de su cadena de producción (2). En años recientes, se han propuesto diferentes alternativas para preservar los productos hortofrutícolas, incluido el uso de recubrimientos comestibles protectores. Un recubrimiento comestible (RC) se define como una capa continua y delgada que es incorporada sobre el alimento. El uso de recubrimientos modifica la interacción del vegetal con el medio ambiente debido a sus propiedades fisicoquímicas, prolongando la vida útil de los alimentos tratados (3). Se han utilizado diferentes compuestos formadores de RC, incluidos el quitosano, alginato, almidón y pululano, entre otros. Estos deben cumplir ciertas características como, por ejemplo, no ser tóxicos, ser biocompatible, tener la facilidad de solubilización, presentar capacidad de formar recubrimientos funcionales y, de preferencia, tener bajo costo. Además, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) ha clasificado a muchos de estos RC como sustancia GRAS (Generalmente Reconocido Como Seguro). Sus propiedades funcionales, estabilización, formación de película y gelificación han sido muy estudiadas (4,5). Los RC pueden influir en la fisiología de los frutos ya que actúa como una barrera entre el medio ambiente y el vegetal. El efecto protector de los RC también puede mejorarse mediante la adición de compuestos que exhiben alguna actividad biológica, como los productos naturales (PN) (extractos y aceites esenciales). Debido a sus actividades antioxidantes y antimicrobianas, los PN se han convertido en una alternativa importante e innovadora para el control y la reducción de las pérdidas posteriores a la cosecha (6). De hecho, sus propiedades antimicrobianas se han aprovechado para controlar hongos y bacterias fitopatógenas (7–13). En la industria alimentaria, los PN y sus componentes, se han utilizado como aditivos aromáticos, antioxidantes y conservadores (14–16). A pesar de este potencial, de manera general, la aplicación de los PN como aditivos alimentarios suele presentar limitaciones, debido a que tienden a deteriorarse con facilidad por factores ambientales, como la luz y el oxígeno, y, en el caso de los aceites esenciales, son propensos a la evaporación. Además, algunos PN tienen baja solubilidad en agua, lo que hace difícil incorporarlos en productos comerciales (17,18). Para superar estos efectos, la nanoencapsulación de PN en nanopartículas poliméricas (NP) se ha convertido en una alternativa interesante. La nanoencapsulación es un proceso en el que el ingrediente activo (e.g. AE, extractos de plantas, medicamentos, vitaminas) está rodeado por una pared de recubrimiento de polímero para formar nanocápsulas (NC) o está incorporado en una matriz polimérica para formar nanoesferas. Por lo tanto, además de proteger los PN nanoencapsulados contra ambientes extremos, la nanoencapsulación puede ofrecer una liberación controlada y mejora el manejo general de los PN (19–21).

**Planteamiento del problema**

Los productos hortofrutícolas presentan pérdidas hasta del 50 % de la producción total del país. Estas pérdidas postcosecha provocan un daño económico considerable para la cadena productiva alimentaria, especialmente para los productores primarios. Además, la presencia de plagas representa un grave riesgo para la salud del consumidor. Para controlar este tipo de pérdidas en alimentos se ha recurrido al desarrollo y aplicación de recubrimientos comestibles combinados con la incorporación de productos naturales en NP.

**Objetivo general**

Desarrollar una formulación de un multisistema basado en un recubrimiento comestible y nanopartículas poliméricas cargadas con productos naturales y evaluar su potencial para preservar por más tiempo productos hortofrutícolas.

**Objetivos específicos**

1. Obtener y caracterizar los productos naturales.
2. Desarrollar y caracterizar una formulación de nanopartículas poliméricas con productos naturales incorporados.
3. Determinar capacidad biológica de las nanopartículas poliméricas.
4. Evaluar el efecto del producto natural nanoencapsulado e incorporado en un

recubrimiento comestible sobre la vida útil de frutas y hortalizas.

**Estado del arte**

Los PN en general presentan actividades biológicas relevantes tienen el potencial de utilizarse como métodos de conservación en alimentos. Por ejemplo, hablando específicamente de aceites esenciales (AE), Dussault et al. (2014) determinaron que algunos AE comerciales (i.e. Pimenta officinalis, Ocimum basilicum L., Thymus mastichina) presentaban una potente actividad antimicrobiana en comparación con las oleorresinas (extractos semisólidos compuestos de una resina) obtenidas de la misma especie vegetal. Estos AE fueron mucho más efectivos contra bacterias gram positivas (S. aureus, L. monocytogenes y B. cereus) y bacterias gram negativas (E. coli, S. Typhimurium y P. aeruginosa). Esto es muy importante ya que muchas especies de bacterias gram negativas causan enfermedades epidemiológicas y son considerados patógenos en el sector alimentario. Los AE también han sido utilizados con éxito para controlar hongos y bacterias fitopatógenas, por lo tanto, se han aplicado satisfactoriamente para la protección de frutas y hortalizas. Por ejemplo, Bautista-Baños et al. (2013) reportaron que los AE de Cinnamomum zeylanicum y Syzygium aromaticum tenían la capacidad de disminuir la incidencia de la antracnosis en papaya (Carica papaya L.). Para los frutos tratados con estos AE la incidencia de la enfermedad alcanzó el 13 %, en comparación con el 35 % de los frutos no tratados. Esta enfermedad es causada por el hongo Colletotrichum gloeosporioides y es considerada la principal enfermedad postcosecha en papaya. En otro estudio, Habbadi et al. (2018) determinaron la actividad antibacteriana de diferentes AE de plantas aromáticas contra la bacteria Allorhizobium vitis, causante de la enfermedad de la agalla de la corona, que afecta el crecimiento y la producción de la vid en todo el mundo. Los AE de Origanum compactum y Thymus vulgaris mostraron actividades antibacterianas significativas in vitro, con porcentajes de inhibición de 67.5 y 41.6 %, respectivamente. Finalmente, Sarkhosh et al. (2018) reportaron la efectividad de los AE de Mentha piperita Willd., Satureja khuzistanica Jamzad., Thymus daenensis Celak., Cinnamomum zeylanicum Blume., Lavandula angustifolia Mill., Eucalyptus globulus Labill., Mytrus communis Linn. y Melaleuca altenifolia Cheel. para controlar la pudrición de fruta causada por el ataque de diferentes fitopatógenos. Los resultados mostraron una reducción del 100 % en el crecimiento del micelio de Colletotrichum gloeosporioides, Botryosphaeria sp., Phytophthora palmivora y Fusarium solani después de aplicar el AE de Thymus daenensis Celak. y el de Satureja khuzistanica Jamzad. en todas las concentraciones probadas (i.e. 100-1500 µl/L); el resto de los AE presentaron actividades menores contra estos fitopatógenos. Así mismo, se han reportado algunas ventajas de los AE relacionadas con su capacidad antioxidante. Asensio et al. (2017) determinaron que el AE de Origanum vulgare libre y protegido en microcápsulas mantenía una importante actividad antioxidante que podía ser aprovechada como conservador alimentario. Los autores reportaron que la encapsulación de los AE, además de ayudar a preservar su actividad biológica (e.g. antioxidante), constituye una alternativa para mejorar su manejo y distribución en una matriz alimentaria. En otro estudio, el AE de Syzygium lanceolatum fue caracterizado químicamente, encontrando varios componentes fitoquímicos con valor terapéutico (e.g. germacreno, eugenol). Además, se determinó la capacidad antioxidante por medio de los ensayos DPPH y ABTS+, obteniendo valores de 69.97 y 73.01 %, respectivamente. Los autores indicaron que este AE tenía un potencial importante para ser usado como conservador natural en diferentes matrices alimentarias (27). Además, los AE han sido integrados exitosamente en NP. Por ejemplo, Asbahani et al. (2015) que obtuvieron NC (110-150 nm) con AE de dos especies del género Thymus. Además, encontraron actividades antimicrobianas similares del AEt nanoencapsulado y el AEt no nanoencapsulado contra bacterias (i.e. Escherichia Coli, Kliebsella pneumoniae, Staphylococcus aureus, Pseudomons aeruginosa y Salmonella typhimurium), levaduras (i.e. Candida albicans y Candida glabrata) y hongos (i.e. Aspergillus Níger y Penicillium funiculosum). En otro estudio, Granata et al. (2018) prepararon NP con AE de Thymus capitatus y AE Origanum vulgare con tamaños promedios de 175 ± 1.0 y 171 ± 2.0 nm, respectivamente. Además, se reportó una mejora en la actividad antimicrobiana de las NP cargadas con AE, mostrando una mayor actividad contra patógenos transmitidos por los alimentos en comparación con el AE no nanoencapsulado. Shetta, Kegere, & Mamdouh (2019), encontraron que las NP de quitosano con AE de Mentha piperita y Camellia sinensis presentaron una actividad antioxidante entre ~2 y 2.4 veces más, en comparación a los AE no encapsulados. Los autores mencionan que la mejora de la actividad antioxidante después de la encapsulación en las NP podría deberse al efecto protector de la encapsulación, a la disminución de la velocidad de evaporación y a la liberación controlada del AE durante el ensayo. En otro estudio, Zhang et al. (2008) informaron que la actividad antioxidante de la quercetina se mantuvo cuando se incorporó a las NP de quitosano. Esto se atribuyó a los complejos formados entre la red polimérica de la NP y la quercetina, que permitieron retener y proteger las moléculas de este activo. Estos hallazgos resaltan el interés científico sobre los AE, ya que representan un grupo distintivo de posibles nuevos compuestos, tanto farmacológicos como conservadores alimentarios que, debido a su variación química y estructural, los hace funcionalmente versátiles.

**Justificación e importancia**

México está entre los primeros exportadores de productos hortofrutícolas a nivel mundial. Por lo tanto, las exigencias en cuanto a calidad son siempre rigurosas y el ofrecer productos con todas sus cualidades organolépticas que perduren por más tiempo representa una ventaja competitiva frente a otras economías mundiales. Las pérdidas por el deterioro de los productos hortofrutícolas, una vez que estos son cosechados, pueden llegar a ser hasta del 50 %, por lo cual es una problemática importante desde el punto de vista económico y nutricional. En la actualidad, la FAO tiene un plan para la reducción de Pérdidas y Desperdicios de Alimentos (PDA) que tiene dentro de sus estrategias promover el desarrollo y facilitar el acceso al equipamiento y nuevas tecnologías que contribuyan a reducir las pérdidas de alimentos en todas las etapas de la cadena. En años recientes se ha observado un incremento en la aplicación de la nanotecnología en la industria alimentaria. En particular, la nanoencapsulación permite la protección de los compuestos nanoencapsulados de factores ambientales, lo cual ayuda a mantener su estabilidad y viabilidad, además de controlar su liberación en el entorno que los rodea. Dentro de estos activos a encapsular se encuentran de manera particular los aceites esenciales, que, al protegerlos de los factores ambientales, podrían aumentar su efectividad para ser utilizados como nanoconservadores de alimentos, aprovechando sus propiedades biológicas (e.g. antimicrobianas y antioxidantes). Por otro lado, el uso de recubrimientos comestibles se ha extendido con el fin de utilizar métodos de conservación en condiciones ambientales que no afecten al fruto. Dichos recubrimientos están basados en productos de origen natural, lo que les da una ventaja frente a otros métodos de conservación tradicionales. Por lo anterior, en este proyecto se prepararán NP conteniendo PN que fueron incorporadas a un recubrimiento comestible para preservar por más tiempo productos hortofrutícolas

**Productos de investigación esperados**

* Participación en el Congreso Internacional de NanoBioIngeniería y en la Reunión Internacional de Investigación en Productos Naturales (AMIPRONAT)
* Publicación de revisiones bibliográficas (review)
* Publicación de artículos científicos en Latin Food 2020 (AMECA), Journal of Food Quality, Journal of Food Science and Technology, IEEE Transactions on NanoBioscience.
* Tesis de licenciatura:
  + Formulación de nanopartículas poliméricas de aceite esencial y extractos de productos naturales.
  + Desarrollo de un recubrimiento comestible de fácil aplicación como conservador de productos vegetales.

|  |  |
| --- | --- |
| Extracción y caracterización de producto natural | Encargado: Dr. Andrés M. Piña y Dra. Rocío Álvarez (FM-UANL).  Técnica: Maceración para obtener extractos e hidrodestilación para obtención de aceites.  Fecha: 03/2020-05/2020  Lugar: QCB-UM y FM/UANL |
| Formulación y caracterización de nanopartículas poliméricas con producto natural incorporado | Encargado: Dr. Andrés M. Piña y Dr. Sergio Galindo (FCB-UANL)  Técnica: Nanoprecipitación  Fecha: 05/2020-07/2020  Lugar: QCB-UM y FCB/UANL |
| Actividad biológica de producto natural libre y nanoencapsulado | Encargado: Dra. Gabriela Domínguez y EH Claudia Pérez  Técnica: Capacidad antioxidante, capacidad antimicrobiana y respuesta inflamatoria.  Fecha: 07/2020-09/2020  Lugar: QCB-UM |
| Desarrollo de multisistema conservador | Encargado: Dr. Andrés M. Piña  Técnica: Nanoprecipitación y vaciado en placa  Fecha: 09/2020-11/2020  Lugar: QCB-UM |
| Experimento vida de anaquel en frutos. | Encargado: Dr. Andrés M. Piña  Técnica: Estado de maduración de frutos. AT, SST, Color y análisis microbiológico.  Fecha: 11/2020-01/2021  Lugar: QCB-UM |
| Análisis estadístico | Encargado: MC Tomas Felipe Cahuich  Técnica: Paquete estadístico SPSS.  Fecha: 01/2021-02/2021  Lugar: FACED/UM |

**Análisis de la factibilidad del proyecto**

Además de contar con las instalaciones, equipo y material de los laboratorios de la escuela de Químicos/FACSA, se tiene acceso al laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL para el desarrollo de una parte de los experimentos.

**Referencias bibliográficas**

1. FAO. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention [Internet]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma; 2011 [cited 2019 Jul 3]. Available from: http://www.fao.org/3/mb060e/mb060e00.pdf
2. FAO. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe [Internet]. Boletín 2. Vol. 2, FAO. Roma; 2015. Available from: http://www.fao.org/3/a-i5504s.pdf
3. Eça KS, Sartori T, Menegalli FC. Films and edible coatings containing antioxidants - a review. Brazilian J Food Technol [Internet]. 2014;17(2):98–112. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S1981-67232014000200002&lng=en&tlng=en
4. Tavassoli-Kafrani E, Shekarchizadeh H, Masoudpour-Behabadi M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. Carbohydr Polym [Internet]. 2016 Feb 10 [cited 2019 Mar 20];137:360–74. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861715010541
5. Riquelme N, Herrera ML, Matiacevich S. Active films based on alginate containing lemongrass essential oil encapsulated: Effect of process and storage conditions. Food Bioprod Process [Internet]. 2017;104:94–103. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2017.05.005
6. Pandey AK, Kumar P, Singh P, Tripathi NN, Bajpai VK. Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives [Internet]. Vol. 7, Frontiers in Microbiology. Frontiers; 2017 [cited 2019 Jul 24]. p. 2161. Available from: http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2016.02161/full
7. Choudhary DK, Sharma AK, Agarwal P, Varma A, Tuteja N. Volatiles and food security: Role of volatiles in agro-ecosystems [Internet]. Choudhary DK, Sharma AK, Agarwal P, Varma A, Tuteja N, editors. Volatiles and Food Security: Role of Volatiles in Agro-Ecosystems. Singapore: Springer Singapore; 2017 [cited 2019 Sep 7]. 1–373 p. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-5553-9
8. Camele I, Altieri L, de Martino L, de Feo V, Mancini E, Rana GL. In vitro control of post-harvest fruit rot fungi by some plant essential oil components. Int J Mol Sci [Internet]. 2012 Feb 21 [cited 2019 Jul 9];13(2):2290–300. Available from: http://www.mdpi.com/1422-0067/13/2/2290
9. Agili FA. Chemical Composition, Antioxidant and Antitumor Activity of Thymus vulgaris L. Essential Oil. Middle-East J Sci Res. 2014;21(10):1670–6.
10. Amiri H. Essential oils composition and antioxidant properties of three thymus species. Evidence-based Complement Altern Med [Internet]. 2012 [cited 2019 Apr 4];2012:8. Available from: https://com-mendeley-prod-publicsharing-pdfstore.s3.eu-west-1.amazonaws.com/a5c1-PUBMED/10.1155/2012/728065/ECAM2012\_728065\_pdf.pdf?X-Amz-Security-Token=FQoGZXIvYXdzEDYaDKZusk0WwCKw%2BCR5wyKfBGp%2B6O6CuMlYaxIQiUomo5OgA5bQ9SrG4A%2BukhAJAoUA7RipPXKpsaG1LJe1
11. Ballester-Costa C, Sendra E, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA, Viuda-Martos M. Chemical composition and in vitro antibacterial properties of essential oils of four Thymus species from organic growth. Ind Crops Prod [Internet]. 2013;50:304–11. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.052
12. Nabavi SM, Marchese A, Izadi M, Curti V, Daglia M, Nabavi SF. Plants belonging to the genus Thymus as antibacterial agents: From farm to pharmacy. Food Chem [Internet]. 2015;173:339–47. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.042
13. Salehi B, Mishra AP, Shukla I, Sharifi-Rad M, Contreras M del M, Segura-Carretero A, *et al*. Thymol, thyme, and other plant sources: Health and potential uses. Phyther Res [Internet]. 2018 Sep 1 [cited 2019 Sep 10];32(9):1688–706. Available from: http://doi.wiley.com/10.1002/ptr.6109
14. Sivakumar D, Bautista-Baños S. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. Crop Prot. 2014;64:27–37.
15. Vilaplana R, Pazmiño L, Valencia-Chamorro S. Control of anthracnose, caused by Colletotrichum musae, on postharvest organic banana by thyme oil. Postharvest Biol Technol [Internet]. 2018 Apr 1 [cited 2019 Jun 20];138:56–63. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521417309560
16. Lozada Ordonez MI, Pereira da Silva P, Borges Pereira R, Marcos Nascimento W. Essential oils in the control of Colletotrichum gloeosporioides f. Sp. cepae in onion seeds. Rev Ciéncia Agronómica [Internet]. 2019 May 24 [cited 2019 Jun 20];50(3):510–8. Available from: http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/6131/1831
17. Asbahani A El, Miladi K, Badri W, Sala M, Addi EHA, Casabianca H, *et al*. Essential oils: From extraction to encapsulation. Int J Pharm [Internet]. 2015;483(1–2):220–43. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069
18. Feyzioglu GC, Tornuk F. Development of chitosan nanoparticles loaded with summer savory (Satureja hortensis L.) essential oil for antimicrobial and antioxidant delivery applications. LWT - Food Sci Technol [Internet]. 2016 Jul 1 [cited 2019 Mar 20];70:104–10. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816301165
19. Granata G, Stracquadanio S, Leonardi M, Napoli E, Consoli GML, Cafiso V, *et al.* Essential oils encapsulated in polymer-based nanocapsules as potential candidates for application in food preservation. Food Chem. 2018 Dec 15;269:286–92.
20. Prakash B, Kujur A, Yadav A, Kumar A, Singh PP, Dubey NK. Nanoencapsulation: An efficient technology to boost the antimicrobial potential of plant essential oils in food system. Food Control [Internet]. 2018 Jul [cited 2018 Sep 12];89:1–11. Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713518300240
21. Sozer N, Kokini JL. Nanotechnology and its applications in the food sector. Trends Biotechnol [Internet]. 2009 Feb 1 [cited 2018 Nov 25];27(2):82–9. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167779908002916?via%3Dihub
22. Dussault D, Vu KD, Lacroix M. In vitro evaluation of antimicrobial activities of various commercial essential oils, oleoresin and pure compounds against food pathogens and application in ham. Meat Sci [Internet]. 2014;96(1):514–20. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.015
23. Bautista-Baños S, Sivakumar D, Bello-Pérez A, Villanueva-Arce R, Hernández-López M. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. Crop Prot [Internet]. 2013;49:8–20. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.011
24. Habbadi K, Meyer T, Vial L, Gaillard V, Benkirane R, Benbouazza A, *et al.* Essential oils of Origanum compactum and Thymus vulgaris exert a protective effect against the phytopathogen Allorhizobium vitis. Environ Sci Pollut Res [Internet]. 2018 Oct 29 [cited 2019 May 27];25(30):29943–52. Available from: http://link.springer.com/10.1007/s11356-017-1008-9
25. Sarkhosh A, Schaffer B, Vargas AI, Palmateer AJ, Lopez P, Soleymani A. In vitro evaluation of eight plant essential oils for controlling Colletotrichum, Botryosphaeria, Fusarium and Phytophthora fruit rots of avocado, mango and papaya. Plant Prot Sci [Internet]. 2018 May 15 [cited 2019 Oct 3];54(3):153–62. Available from: http://www.agriculturejournals.cz/web/pps.htm?volume=54&firstPage=153&type=publishedArticle
26. Asensio CM, Paredes AJ, Martin MP, Allemandi DA, Nepote V, Grosso NR. Antioxidant stability study of oregano essential oil microcapsules prepared by spray-drying. J Food Sci [Internet]. 2017 Dec 1 [cited 2019 Apr 3];82(12):2864–72. Available from: http://doi.wiley.com/10.1111/1750-3841.13951
27. Muthumperuma C, Stalin N, K. Das A, Sudhakar Swamy P. Chemical profiling of leaf essential oil, antioxidant potential and antibacterial activity of Syzygium lanceolatum (Lam.) Wt. & Arn. (Myrtaceae). Free Radicals Antioxidants [Internet]. 2016 Jan 10 [cited 2019 Apr 9];6(1):13–22. Available from: http://www.antiox.org/article/26
28. Asbahani A El, Miladi K, Addi EHA, Bitar A, Casabianca H, Mousadik A El, *et al.* Antimicrobial activity of nano-encapsulated essential oils: comparison to non-encapsulated essential oils. J Colloid Sci Biotechnol. 2015;4(1):39–38.
29. Shetta A, Kegere J, Mamdouh W. Comparative study of encapsulated peppermint and green tea essential oils in chitosan nanoparticles: Encapsulation, thermal stability, in-vitro release, antioxidant and antibacterial activities. Int J Biol Macromol. 2019 Apr 1;126(1):731–42.
30. Zhang Y, Yang Y, Tang K, Hu X, Zou G. Physicochemical characterization and antioxidant activity of quercetin-loaded chitosan nanoparticles. J Appl Polym Sci [Internet]. 2008 [cited 2019 Jul 17];107(2):891–7. Available from: www.interscience.wiley.com

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
 Docente Investigador Referente de Investigación