



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Evaluación de recubrimientos comestibles con aceites esenciales durante la conservación de mangos Keitt (*Mangifera indica L.*)**

**Jose Libardo Tapiero Cuellar**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados  
Palmira, Colombia  
2018



# **Evaluación de recubrimientos comestibles con aceites esenciales durante la conservación de mangos Keitt (*Mangifera indica* L.)**

**José Libardo Tapiero Cuellar**

Tesis de investigación presentado como requisito para optar al título de: Doctorado en  
Ciencias Agrarias

Directores:

Mario Augusto García Dávila, *Ph.D*

Guillermo Salamanca Grosso, *Ph.D*

Universidad del Tolima

Línea de Investigación: Protección de cultivos

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados  
Palmira, Colombia  
2018



## ***Dedicatoria***

*A: Señor Mi Dios*

*A mis padres: Gloria Inés Cuellar*

*Dimas Tapiero Méndes*

*A mis Hijos: Cristhian Nicolás*

*Juan Daniel*

*Sara Ximena*

*A mis hermanos*



## **Agradecimientos**

En primera instancia, quiero dar gracias a Dios por darme vida, salud y haber facilitado de manera perfecta el proceso que permitió cumplir otra meta más en mi vida profesional.

A mis hijos, padres y hermanos, que siempre han estado pendiente de mí, dándome su amor, cariño, consejos y apoyo incondicional en todo momento. Sin su esfuerzo, enseñanzas y ejemplo para hacer las cosas correctamente no hubiera sido posible llegar hasta aquí.

Quiero hacer un especial agradecimiento a mis directores de tesis:

Al Dr. Guillermo Salamanca Grosso, por ser mi amigo, casi un padre y maestro académico durante muchos años de mi vida, quien me ha acompañado tanto en mis buenos y duros momentos de mi existir. Por darme la oportunidad de integrarme al Grupo de Investigaciones Mellitopalinológicas y propiedades Físicoquímicas de los Alimentos de la Universidad del Tolima, a su equipo investigador por permitirme participar en todos sus proyectos de investigación, por confiar en mí para el desarrollo de esta investigación. Le doy infinitamente las gracias por su ayuda incondicional en todo momento que lo requerí y por compartir sus conocimientos y experiencia conmigo. Sin su trabajo, consejos y paciencia esto no hubiera sido posible.

Al Dr. Mario Augusto García Dávila quien estuvo pendiente de mi recorrido y me permitió la oportunidad de iniciar un doctorado que para cumplir una meta trazada en mi vida profesional.

### **Instituciones**

Sena- Centro Agropecuario de Buga: Quiero dar un especial agradecimiento por la posibilidad de poder trabajar como profesional, de impartir formación y generar nuevo conocimiento. Por facilitarme el espacio para poder realizar la investigación con la disponibilidad del Laboratorio de Investigaciones Agroindustriales y por la disponibilidad de cada uno de los equipos, plantas de proceso y compañeros de

trabajo (Jose Edison Escobar Salcedo, Yuli Montaña, Gloria Lozano, Carlos Andrés Marín, Cristiam Cortés, Lorena Osorio, Jefferson Sánchez y Jose Luis Espinosa quienes aportaron un granito de arena a su manera.

Universidad del Tolima – Laboratorio de LIPFA-GIMELLIFISTO: Dr. Salamanca y Mónica Osorio quienes me apoyaron incondicionalmente con esta investigación y me han brindado du amistad y su casa sin ningún interés.

Varahonda: Empresa productora y exportadora de mangos quienes dieron toda las muestras para el desarrollo de esta investigación. En especial al Ingeniero Carlos Andrés Londoño.

Bruker-México – Solar Datalab-Colombia: Estas empresas me facilitaron la oportunidad de poder realizar los análisis cromatográficos para los componentes minoritarios de los aceites esenciales.

Tecnoparque Nodo Cali- ASTIN: Por su colaboración en la toma y evaluación de las micrografías por SEM para las películas elaboradas.

Y finalmente, agradezco inmensamente a mi gran amigo Carlos Andrés Marín Reina por su ayuda incondicional en el laboratorio de investigaciones Agroindustriales para realizar la investigación.



## Resumen

En la industria agroalimentaria han ganado importancia las técnicas de conservación de alimentos que respeten el equilibrio ambiental. Los recubrimientos comestibles suministran una cubierta protectora adicional a frutas y hortalizas frescas, simulando una atmosfera modificada. El adecuado consumo constante de frutas y hortalizas son un beneficio para la salud y un importante equilibrio en la dieta humana. Sin embargo, un gran número de la población mundial no la consume en las cantidades necesarias. Las grandes compañías productoras han saturado el mercado con otras alternativas que aportan una carga energética mayor (azúcares y grasas saturadas) y que generan un cambio drástico en el consumo de alimentos. La amplia gama de productos novedosos a base de frutas, listos para consumir han hecho reducir el consumo de frutos frescos y el aporte de beneficios para la salud del consumidor.

La utilización de recubrimientos comestibles es una tecnología que permite mantener la calidad y conservación de los alimentos durante la transformación y almacenamiento de alimentos con el fin de alargar su vida útil (Villada, Acosta, & Velasco, 2007 p.6). En frutas y hortalizas se busca reducir las pérdidas de agua y controlar los procesos de maduración actuando como barrera al intercambio gaseoso. Permitiendo mejorar su protección frente a la manipulación poscosecha; aportando brillo al producto y dando un aspecto más apetitoso en el punto de venta. En este trabajo se evaluó el uso de recubrimientos comestibles con adición de aceites esenciales de clavo, orégano, jengibre y romero para la conservación de mangos (*Mangifera indica L. var. Keitt*), procedentes del municipio de Pradera Valle del Cauca (Colombia).

Los recubrimientos se realizaron a partir de soluciones comerciales de carboximetilcelulosa CMC (1,5% -2,0) y goma xantan (0,5- 1,0%) incorporando aceites esenciales a concentraciones de (5, 10, 20 y 40 ppm) a partir de la cantidad de polisacárido usado. El análisis estadístico de las propiedades mecánicas de los recubrimientos y comportamiento de los mangos en almacenamiento recubiertos se realizó con un paquete estadístico Minitab 18 para Windows; donde se consideraron las variables de permeabilidad al vapor de agua y contenido de humedad. De igual forma, se evaluó la vida útil de los frutos tratados con recubrimientos comestibles antimicrobianos durante 24 días almacenados a 12°C

---

a una humedad relativa del 90%; donde se consideró para su evaluación los parámetros de color CIELab\*, firmeza, evolución del peso, °Brix, acidez, pH e índice de madurez entre otros. El estudio es una contribución a los procesos de conservación de alimentos con el desarrollo de recubrimientos de CMC y GX aditivados con aceites esenciales donde se han considerado parcialmente aspectos de tiempo y tratamiento, empaque, producto y proceso en términos de factores de entorno.

El proceso de hidrodestilación asistida por microondas (MWHD) permitió obtener aceites esenciales a partir de matrices de clavo, orégano, jengibre y romero los rendimientos estuvieron entre  $0,043 \pm 0,006$  y  $2,383 \pm 0,076$  mL; las extracciones para orégano fueron las más bajas. La capacidad anti radicalaria de los AE evaluados estuvo directamente relacionada con la composición química. La comparación de la capacidad antioxidante entre los ensayos DPPH\* ABTS\* y ORAC presentaron un comportamiento lineal indicando que a mayor concentración de AEs la actividad es mayor al momento de atrapar radicales libres. Los resultados obtenidos en los 32 tratamientos para películas de CMC (1,5-2,0%) y GX (0,5-1,05) aditivadas con concentraciones (4-10-20 y 40 ppm) de aceites esenciales de clavo, orégano, jengibre y romero para los parámetros de calidad permiten concluir que los recubrimientos comestibles prolongan la vida útil de los frutos frescos

Esta tecnología ofrece ventajas en cuanto a posibilidades de modificación y adecuación, como la incorporación de agentes antimicrobianos, antifúngicos y antioxidantes, entre otros. Pueden ser usados como films inteligentes siendo activos y selectivos frente a un uso potencialmente infinito, incorporando materias primas de origen natural, biodegradables y seguros para el entorno. También permiten ser usados para agregar compuestos con propiedades funcionales que le den un valor agregado al producto final; el uso de los recubrimientos comestibles permite extender la vida útil en anaquel de mangos (*Mangifera indica L*) variedad Keitt, dándole un valor agregado al incorporar aceites esenciales de clavo, orégano, jengibre y romero, que tiene compuestos con tendencia de alimentos funcionales, antioxidantes y antimicrobianos.

**Palabras clave:** *Pos-cosecha de frutas, Actividad antifúngica, vida útil, Empaques bioactivos, Microondas*

## Abstract

In agri-food industry, food preservation techniques that respect the environmental balance have gained importance. The edible coatings provide an additional protective cover to fresh fruits and vegetables, simulating a modified atmosphere. The adequate constant intake of fruits and vegetables are a benefit for health and an important balance in the human diet. However, a large number of the world population does not consume it in necessary quantities. The huge producer companies have saturated the market with other alternatives that contribute a big energy charge (sugars and saturated fats) and that generate a drastic change in food consumption. The wide range of innovative products based on fruits, ready to consume have reduced the consumption of fresh fruits and the contribution of benefits for the health of the consumer.

The use of edible coatings is a technology that allows to maintain the quality and conservation of food during the transformation and storage of food in order to extend its shelf life (Villada, Acosta, & Velasco, 2007 p.6). In fruit and vegetables, it is sought to reduce water losses and control ripening processes acting as a barrier to gas exchange. Allowing to improve its protection against post-harvest handling; contributing Bright the product and giving a more appetizing appearance at the moment of sale. The aim of this study is to evaluate the use of edible coatings with the addition of essential oils of cloves, origanum, ginger and rosemary to extend the shelf life of mangoes (*Mangifera indica L.*, var. Keitt), from Pradera municipality, Valle del Cauca (Colombia).

This work evaluated the use of edible coatings with the essential oils of cloves, origanum, ginger and rosemary to the conservation of mangoes (*Mangifera indica L.*, var. Keitt), from the municipality of Pradera Valle del Cauca (Colombia). The coatings were made from commercial solutions of carboxymethyl cellulose CMC (1.5% -2.0) and xanthan gum (0.5-1.0%) incorporating essential oils at concentrations of (5, 10, 20 and 40 ppm) from the amount of polysaccharide used. Statistical analysis of mechanical properties of coatings and behavior of mangoes coated during storage was carried out with a Minitab 18 statistical package for Windows; where variables water vapor permeability and moisture content were considered. Likewise, the shelf life of the fruits treated with edible antimicrobial coatings during 24 days stored at 12°C at a relative humidity of 90% was evaluated; where parameters CIELab \*. Firmness, evolution of fruit weight, ° Brix, acidity, pH and ripening index among others were considered for evaluation. The study is a contribution to food preservation processes with the development of CMC and GX coatings with essential oils where aspects of time and treatment, packaging, product and process have been partially considered in terms of environmental factors.

Microwave-assisted hydrodistillation (MWHd) allowed obtaining essential oils from matrices of cloves, origanum, ginger and rosemary. The yields were between  $0.043 \pm 0.006$  and  $2.363 \pm 0.076$  mL; the origanum extractions were the lowest. Antioxidant and free radical scavenging capacity of EAs evaluated was directly related to the chemical

composition. The comparison of the antioxidant capacity between the DPPH \* ABTS \* and ORAC tests showed a linear behavior indicating that the higher concentration of AEs, the higher the activity when free radicals were trapped. The results obtained in the 32 treatments for films of CMC (1.5-2.0%) and GX (0.5-1.05) additivated with concentrations (4-10-20 and 40 ppm) of cloves, organum, ginger and rosemary allow prolong the shelf life of fresh fruits.

This technology offers advantages in terms of possibilities for modification and adaptation, such as incorporation of antimicrobial, antifungal and antioxidant agents, among others. They can be used as intelligent films, being active and selective against potentially infinite uses, incorporating materials of natural origin, biodegradable and safe for the environment. They also allow to be used to add compounds with functional properties that give an added value to the final product; the use of edible coatings allows to extend shelf life of mangoes (*Mangifera indica L.*) Keitt variety, giving it an added value by incorporating essential oils of cloves, organum, ginger and rosemary, which has compounds with a tendency of functional foods, antioxidants and antimicrobial.

**Key words:** Fruit postharvest, antifungal activity, shelf life, bioactive packaging, microwave.

## 9. Bibliografía

- A. Naeini a, T. Ziglari, H. Shokri, A. R. K. a. (2010). Assessment of growth-inhibiting effect of some plant essential oils on different Fusarium isolates. *Mycologie Medicale*, 20, 174–178. <https://doi.org/10.1016/j.mycmed.2010.05.005>
- Acevedo, D., Navarro, M., & Monroy, L. (2013). Composición química del aceite esencial de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). *Informacion Tecnologica*, 24(4), 43–48. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000400005>
- Achipiz, S. M., Castillo, A. E., Mosquera, S. A., Hoyos, J. L., & Navia, D. P. (2013). EFECTO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE ALMIDÓN SOBRE LA MADURACIÓN DE LA GUAYABA ( *Psidium guajava* ) EFFECT OF STARCH-BASED COATING ON THE MATURATION OF GUAVA ( *Psidium guajava* ) EFEITO DA REVESTIMENTO À BASE DE AMIDO NO AMADURECIMENTO DE GOIABA ( *Psidium guaj.* *Biotechnología En El Sector Agropecuario y Agroindustria*, 2(2), 92–101.
- Acosta R. A.; Carreño, B. L. M. (2011). *Estudio Comparativo de los Extractos y Aceites Esenciales de Lippia origanoides H.B.K., Zingiber officinale y Rosmarinus officinalis L., como Agentes Antioxidantes en Polvos Compactos*. Universidad Industrial de Santander.
- Alaboodi, A. S., & Hussain, Z. (2017). Finite Element modeling of Nano-indentation technique to characterize thin film coatings. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2017.02.001>
- Albado Plaus, E., Saez Flores, G., & Grabiell Ataucusi, S. (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Médica Herediana*, 12(3), 16–19. <https://doi.org/http://www.dx.doi.org/10.20453/rmh.v12i1.660>
- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601–611. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>
- Alma, M. H., Ertaş, M., Nitz, S., & Kollmannsberger, H. (2007). Chemical composition and content of essential oil from the bud of cultivated Turkish clove (*Syzygium aromaticum* L.). *BioResources*, 2(2), 265–269.
- Alvarado, J. R. (2012). Situación actual y perspectivas de la cadena Productiva del Mango en Colombia. *Cadena Del Mango*, 1.
- Amadio, C., & Miralles, S. (2011). Aceite esencial de orégano : un potencial aditivo alimentario *Origanum essential oil : a potential food additive*, 237–245.

- Andrea Corrales-Bernal; Maria Elena Maldonado; Luz Amparo Urango; Maria Camila Franco; Benjamín Alberto Rojano. (2014). Mango de azúcar (*Mangifera indica* L.), variedad de Colombia : características antioxidantes , nutricionales y sensoriales Sugar mango (*Mangifera indica* L.), variety from Colombia : antioxidant , nutritional and sensorial characteristics. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(21), 312–318.
- Angélica Moreno, David F. León, Germán A. Giraldo, E. R. (2009). MÉTODOS COMBINADOS DE SECADO STUDY OF THE PHYSICOCHEMICAL KINETICS OF MANGO (*Mangifera indica* L. Var . Tommy Atkins ) TREATED BY. *Revista Colombiana de Química*, 39, 75–84.
- Aydemir, L. Y., Gökbulut, A. A., Baran, Y., & Yemenicioğlu, A. (2014). Bioactive, functional and edible film-forming properties of isolated hazelnut (*Corylus avellana* L.) meal proteins. *Food Hydrocolloids*, 36, 130–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.09.014>
- Azeredo, H. M. C., Miranda, K. W. E., Rosa, M. F., Nascimento, D. M., & de Moura, M. R. (2012). Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 294–297. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.09.016>
- Bajalan, I., Rouzbahani, R., Ghasemi, A., & Maggi, F. (2017). Industrial Crops & Products Antioxidant and antibacterial activities of the essential oils obtained from seven Iranian populations of *Rosmarinus officinalis*. *Industrial Crops & Products*, 107(May), 305–311. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.063>
- Baldwin, E. , Burns, J. , Kazokas, W., Brecht, J. , Hagenmaier, R. , Bender, R. , & Pesis, E. (1999). Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 17(3), 215–226. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00053-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00053-8)
- Barrera Necha, L. L., & García Barrera, L. J. (2008). Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. aislado de papaya (*Carica papaya*). *Revista Científica UDO Agrícola*, 8(1), 33–41.
- Bauer, K., Garbe, D. y Surburg, H. 2001. Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses. Wiley-VCH. Weinheim. 293 p.
- Bitencourt, C. M., Fávaro-Trindade, C. S., Sobral, P. J. A., & Carvalho, R. A. (2014). Gelatin-based films additivated with curcuma ethanol extract: Antioxidant activity and physical properties of films. *Food Hydrocolloids*, 40, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.02.014>
- Bonilla, J., Atarés, L., Vargas, M., & Chiralt, A. (2012). Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 208–213. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.034>
- Brecht, J. K. (2015). *Manual de Prácticas para el Manejo Poscosecha del mango* (No. HS1190). Orlando. Retrieved from [www.mango.org](http://www.mango.org)
- Burt, S. A. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in

- foods-a review. *International Journal of Food Microbiology*.94:223-253
- C. Di Vaioa, G. Grazianib,\*, A. Gasparib, G. Scaglionea, S. Nocerinoa, A. R. (2010). Essential oils content and antioxidant properties of peel ethanol extract in 18 lemon cultivars. *Scientia Horticulturae*, 126, 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.010>
- Carneiro-da-Cunha, M. G., Cerqueira, M. a., Souza, B. W. S., Souza, M. P., Teixeira, J. a., & Vicente, A. a. (2009). Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. *Journal of Food Engineering*, 95(3), 379–385. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.05.020>
- Castillo-Herrera, G. A., García-Fajardo, J. A., & Estarrón-Espinosa, M. (2007). Extraction Method That Enriches Phenolic Content In Oregano (*Lippia Graveolens* H.B.K.) Essential Oil. *Journal of Food Process Engineering*, 30(6), 661–669. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00134.x>
- Chiumarelli, M., Ferrari, C. C., Sarantópoulos, C. I. G. L., & Hubinger, M. D. (2011). Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(3), 381–387. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.02.006>
- Cian, R. E., Salgado, P. R., Drago, S. R., González, R. J., & Mauri, A. N. (2014). Development of naturally activated edible films with antioxidant properties prepared from red seaweed *Porphyra columbina* biopolymers. *Food Chemistry*, 146, 6–14. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.133>
- Cruañes, M., & Locaso, D. (2011). Quitosano: Antimicrobiano biodegradable en postcosecha de arándanos (*Vaccinium myrtillus* L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1), 57–63.
- Cueto Wong, M. C., Rivas Morales, C., Alanis Guzmán, M. G., Oranday Cárdenas, A., Amaya Guerra, C. a., Núñez González, A., ... Bustamante, P. (2015). Desarrollo de un recubrimiento con efecto... DESARROLLO DE UN RECUBRIMIENTO CON EFECTO ANTIFÚNGICO Y ANTIBACTERIAL A BASE DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO PARA CONSERVACIÓN DE PAPAYA "MARADOL." *Revista Udo Agrícola*, 1(1), 58–63.
- CYTED Cornucopia. (2004). Determinación de actividad antioxidante. Capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC), 1–6. Retrieved from <http://redcornucopia.org/uploads/formacion/Documentos/5/138770967810Protocolo ORAC- RED CORNUCOPIA 2013.pdf>
- Danalache, F., Carvalho, C. Y., Alves, V. D., Moldão-Martins, M., & Mata, P. (2016). Optimisation of gellan gum edible coating for ready-to-eat mango (*Mangifera indica* L.) bars. *International Journal of Biological Macromolecules*, 84, 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.079>
- Davidson, P.M. y Branen, A. L. 1993Antimicrobials in Foods. Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 95-136.
- Dhital, R., Mora, N. B., Watson, D. G., Kohli, P., & Choudhary, R. (2018). Efficacy of limonene nano coatings on post-harvest shelf life of strawberries. *Lwt*, 97(February),

124–134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.038>

- Dutra, T. V., Castro, J. C., Menezes, J. L., Ramos, T. R., do Prado, I. N., Machinski, M., ... Filho, B. A. de A. (2019). Bioactivity of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil against *Alicyclobacillus* spp. *Industrial Crops and Products*, *129*(September 2018), 345–349. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.025>
- Elsayed, S., Galal, H., Allam, A., & Schmidhalter, U. (2016). Passive reflectance sensing and digital image analysis for assessing quality parameters of mango fruits. *Scientia Horticulturae*, *212*, 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.046>
- Fadini, a. L., Rocha, F. S., Alvim, I. D., Sadahira, M. S., Queiroz, M. B., Alves, R. M. V., & Silva, L. B. (2013). Mechanical properties and water vapour permeability of hydrolysed collagen–cocoa butter edible films plasticised with sucrose. *Food Hydrocolloids*, *30*(2), 625–631. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.08.011>
- Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A. R., & Pérez-Gago, M. B. (2014). Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *92*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.006>
- Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A. R., & Pérez-Gago, M. B. (2015). Hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings formulated with antifungal food additives to reduce alternaria black spot and maintain postharvest quality of cold-stored cherry tomatoes. *Scientia Horticulturae*, *193*, 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.027>
- Fai, A. E. C., Alves de Souza, M. R., de Barros, S. T., Bruno, N. V., Ferreira, M. S. L., & Gonçalves, É. C. B. de A. (2016). Development and evaluation of biodegradable films and coatings obtained from fruit and vegetable residues applied to fresh-cut carrot (*Daucus carota* L.). *Postharvest Biology and Technology*, *112*, 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.021>
- Famá, L., Rojas, A. M., Goyanes, S., & Gerschenson, L. (2003). Películas comestibles de aplicación industrial. *Jornadas SAM/CONAMET/SIMPOSICIO MATERIA*, *10*(21), 898–901.
- Ferhat, M. A., Meklati, B. Y., Smadja, J., & Chemat, F. (2006). An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. *Journal of Chromatography A*, *1112*(1–2), 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.12.030>
- Figueroa, J.; Salcedo, J. (2011). RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LA CONSERVACIÓN DEL MANGO Y AGUACATE.pdf. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, *3*(2), 15.
- Galus, S., & Kadzińska, J. (2015). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, *45*(2), 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.011>
- García-Camarillo, E. A., Quezada-Viay, M. Y., Moreno-Lara, J., Sánchez-Hernández, G., Moreno-Martínez, E., & Pérez-Reyes, M. C. J. (2006). Infant behavior and development : an international & interdisciplinary journal. *Revista Mexicana de*



- Fitopatología*, 24(1), 8–12. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61224102>
- Giosafatto, C. V. L., Di Pierro, P., Gunning, P., Mackie, A., Porta, R., & Mariniello, L. (2014). Characterization of Citrus pectin edible films containing transglutaminase-modified phaseolin. *Carbohydrate Polymers*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.02.015>
- Giovanna, P., Arturo, S., Silva-flores, P. G., Galindo-rodríguez, S. A., Pérez-lópez, L. A., & Alvarez-román, R. (2017). Redalyc.Aceites esenciales libres y encapsulados como potenciales antioxidantes en piel.
- Glicerio León Méndez, Q., del Rosario Osorio Fortich, M., & Sonia Ruby Martínez Useche, E. (2015). Comparison of two methods for extraction of essential oil from Citrus sinensis L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 742–750. Retrieved from <http://scielo.sld.cu>
- Glicerio, Q., Méndez, L., María, I., Rosario, D., Fortich, O., Miladys, I., ... González, G. (2015). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de plectranthus amboinicus L. Extraction, characterization and antioxidant activity of essential oil from plectranthus amboinicus L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 708–718. Retrieved from <http://scielo.sld.cu>
- Gol, N. B., Patel, P. R., & Rao, T. V. R. (2013). Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 85, 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.008>
- Gómez, N., Sosa, M., & López, A. (2016). EXTRACCIÓN ASISTIDA CON MICROONDAS DE ACEITE ESENCIAL DE ACUYO ( Piper auritum ) Y EVALUACIÓN DE SU EFECTO ANTIFÚNGICO CONTRA Penicillium expansum. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 173–178. Retrieved from <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/2/29.pdf>
- Gontard, N., Guilbert, S., & Cuq, J.-L. (1993). Water and Glycerol as Plasticizers Affect Mechanical and Water Vapor Barrier Properties of an Edible Wheat Gluten Film. *Journal of Food Science*, 58(1), 206–211. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb03246.x>
- González-Cuello, R. E., Pérez-Mendoza, J., & García-Zapateiro, L. A. (2017). Efecto de la Adición de Goma Gelana sobre las Propiedades de Barrera y Físico Mecánicas de Biopelículas Binarias. *Informacion Tecnologica*, 28(1), 143–150. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100014>
- Granados Conde, Clemente; Santafé Patiño, Gilmar Gabriel; Yáñez Rueda, X. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de Calycolpus moritzianus y Minthostachys mollis de Norte de Santander. *Bistua: Revista de La Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 12–23. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90326398005>
- Grande-Tovar, C. D., Chaves-Lopez, C., Serio, A., Rossi, C., & Paparella, A. (2018). Chitosan coatings enriched with essential oils: Effects on fungi involve in fruit decay and mechanisms of action. *Trends in Food Science and Technology*, 78(May), 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.019>

- Guo, J., Ge, L., Li, X., Mu, C., & Li, D. (2014). Periodate oxidation of xanthan gum and its crosslinking effects on gelatin-based edible films. *Food Hydrocolloids*, 39, 243–250. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.01.026>
- Harlen, W. C., & Jati, I. R. A. P. (2018). Antioxidant Activity of Anthocyanins in Common Legume Grains. In *Polyphenols: Mechanisms of Action in Human Health and Disease* (2nd ed., pp. 81–92). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813006-3.00008-8>
- Ho, B. T., Hofman, P. J., Joyce, D. C., & Bhandari, B. R. (2016). Uses of an innovative ethylene- $\alpha$ -cyclodextrin inclusion complex powder for ripening of mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 113, 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.005>
- Hossain, M. A., Al-Hashmi, R. A., Weli, A. M., Al-Riyami, Q., & Al-Sabahib, J. N. (2012). Constituents of the essential oil from different brands of *Syzigium caryophyllatum* L by gas chromatography-mass spectrometry. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(3 SUPPL.), S1446–S1449. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60435-3](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60435-3)
- Karim Hosnia, Imed Hassenb, Hedia Chaâbanec, Maroua Jemlic, Sana Dallalid, Houcine Sebeid, H. C. (2013). Enzyme-assisted extraction of essential oils from thyme (*Thymus capitatus* L.) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.): Impact on yield, chemical composition and antimicrobial activity. *Industrial Crops and Products*, 47, 291–299. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.03.023>
- Kerch, G. (2015). Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2), 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.010>
- Koushesh Saba, M., & Sogvar, O. B. (2016). Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. *LWT - Food Science and Technology*, 66, 165–171. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.022>
- Krishna, H., & Singh, S. K. (2007). Biotechnological advances in mango (*Mangifera indica* L.) and their future implication in crop improvement: a review. *Biotechnology Advances*, 25(3), 223–243. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.01.001>
- Kurt, A., & Kahyaoglu, T. (2014). Characterization of a new biodegradable edible film made from salep glucomannan. *Carbohydrate Polymers*, 104, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.01.003>
- Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J. y Nychas, G.J.E. 2001. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*.91:453-462.
- Leyva, M.A., Ferrada, P.J., Martinez, J. R. and S. E. E. (2007). Rendimiento y composición química del aceite esencial de *Zingiber officinale* en función del diámetro de partícula. *Scientia et Technica*, 13(33), 187–188.
- Li, R., Wang, Y., Jiang, Z. T., & Jiang, S. (2010). chemical composition of the essential oils of *cinnamomum loureirii* nees. From China obtained by hydrodistillation and

- microwave-assisted hydrodistillation. *Journal of Essential Oil Research*, 22(2), 129–131. <https://doi.org/10.1080/10412905.2010.9700281>
- López-Malo, A. 2000. La preservación multiobjetivo de alimentos: Efectos de factores tradicionales y emergentes en la respuesta de *Aspergillus flavus*. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Lu, F., Ding, Y. C., Ye, X. Q., & Ding, Y. T. (2011). Antibacterial effect of cinnamon oil combined with thyme or clove oil. *Agricultural Sciences in China*, 10(9), 1482–1487. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60142-9](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60142-9)
- Luís, Â., Duarte, A., Gominho, J., Domingues, F., & Duarte, A. P. (2016). Chemical composition, antioxidant, antibacterial and anti-quorum sensing activities of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus radiata* essential oils. *Industrial Crops and Products*, 79, 274–282. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.10.055>
- Mannozi, C., Cecchini, J. P., Tylewicz, U., Siroli, L., Patrignani, F., Lanciotti, R., ... Romani, S. (2016). Study on the efficacy of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.056>
- Mariod, A. A. (2016). Effect of Essential Oils on Organoleptic (Smell, Taste, and Texture) Properties of Food. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 131–137). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00013-4>
- Martínez, C., & Ortega, L. (2006). *Tecnología del manejo poscosecha del mango (Mangifera indica L.) para el mercado fresco*. Centro Agrícola (Vol. 33). <https://doi.org/10.1001/jama.2017.1373>
- Mechergui, K., Jaouadi, W., Coelho, J. P., & Khouja, M. L. (2016). Effect of harvest year on production, chemical composition and antioxidant activities of essential oil of oregano (*Origanum vulgare* subsp *glandulosum* (Desf.) letswaart) growing in North Africa. *Industrial Crops and Products*, 90, 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.06.011>
- Méndez, R., Esther, M., Marin, R., El, L. E. N., Mara, M., La, E. N., & Maracaibo, P. D. E. (2010). CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE FRUTOS DE TRECE CULTIVARES DE MANGO (*Mangifera indica L.*) EN EL MUNICIPIO MARA EN LA PLANICIE DE.
- Mohamed, C., Clementine, K. A., Didier, M., Gérard, L., & Marie Noëlle, D.-C. (2013). Antimicrobial and physical properties of edible chitosan films enhanced by lactoperoxidase system. *Food Hydrocolloids*, 30(2), 576–580. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.07.018>
- Mulkay, T., Sisino, A., & Alonso, O. (n.d.). Influencia del encerado y tratamiento térmico en la calidad post- cosecha del mango, 1(V), 1–5.
- Munhuweyi, K., Caleb, O. J., van Reenen, A. J., & Opara, U. L. (2018). Physical and antifungal properties of  $\beta$ -cyclodextrin microcapsules and nanofibre films containing cinnamon and oregano essential oils. *LWT - Food Science and Technology*, 87, 413–422. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.09.012>

- Muñoz-Acevedo, Amner, Kouznetsov, Vladimir V., & Stashenko, E. E., & Stashenko, E. E. (2009). Composición y capacidad antioxidante in-vitro de aceites esenciales ricos en. *Revista Industrial de Santander*, 41(3), 287–294. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-08072009000300012&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072009000300012&lng=en&tlng=es).
- Nirali N. Shah, Chandrahas Vishwasrao, Rekha S. Singhal, L. A. (2016). n-Octenyl succinylation of pullulan: Effect on its physico-mechanical and thermal properties and application as an edible coating on fruits. *Food Hydrocolloids*, 55, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.026>
- Ortega-Ramirez, L. A., Rodriguez-Garcia, I., Silva-Espinoza, B. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2016). Oregano (*Origanum* spp.) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 625–631). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00071-7>
- Pandey, A. K., Singh, P., & Tripathi, N. N. (2014). Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: an overview. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(9), 682–694. <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C77>
- Patrignani, F., Siroli, L., Serrazanetti, D. I., Gardini, F., & Lanciotti, R. (2015). Innovative strategies based on the use of essential oils and their components to improve safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 46(2), 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.03.009>
- Peretto, G., Du, W.-X., Avena-Bustillos, R. J., Sarreal, S. B. L., Hua, S. S. T., Sambo, P., & McHugh, T. H. (2014). Increasing strawberry shelf-life with carvacrol and methyl cinnamate antimicrobial vapors released from edible films. *Postharvest Biology and Technology*, 89, 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.11.003>
- Quintero, C. J.; Falguera, V.; Muñoz, H. A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles importancia y tendencias recientes para la cadena hortofrutícola.pdf. *Tumbaga*. Ibagué: Tumbaga.
- Quintero, J., Falguera, V., & Muñoz, A. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista TUMBAGA*, 5(1), 93–118.
- R. H. Hernández - Figueroa, E. P.-G. y A. L.-M. (2013). Utilización de películas comestibles y ciclodextrinas para la liberación controlada de AE como agentes antimicrobianos en vegetales.pdf. Puebla - México: Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla. Ex hacienda Sta. Catarina Mártir S/N, San Andrés Cholula, Puebla. C.P.72810, México.
- Ramos-garcía, M. D. L., Bautista-baños, S., Barrera-, L. L., Desarrollo, C. De, Bióticos, D. P., Politécnico, I., ... Correspondencia, M. C. P. (2010). Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 28(1), 44–57.
- Rezvani, E., Schleining, G., Sümen, G., & Taherian, A. R. (2013). Assessment of physical and mechanical properties of sodium caseinate and stearic acid based film-forming emulsions and edible films. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 598–605.

- <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.12.039>
- Rico, R. F. (2013). *Estudio de la Aplicación de recubrimientos Comestibles de Quitosano y su Composición con Aceites Esenciales Sobre la Vida Útil del mango (Mangifera indica L.) Mínimamente Procesado*. Universidad Nacional de Colombia.
- Robles-Sánchez, R. M., Rojas-Graü, M. A., Odriozola-Serrano, I., González-Aguilar, G., & Martín-Belloso, O. (2013). Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 240–246. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.021>
- Rodríguez-López, É. S., Cárdenas-Soriano, E., Hernández-Delgado, S., Gutiérrez-Diez, A., & Mayek-Pérez, N. (2013). Análisis de la infección de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. de frutos de aguacatero. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(3), 898–905. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300029>
- Rojas-Graü, M.A.; Soliva, F. R. and Martín, B. O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits: a review. *Food Science e Technology*, 20, 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.05.002>
- Rojas, M. I. (2010). *Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína*. Universidad Pública de Navarra.
- Romani, I. S. (2012). *Comportamiento del mango Kent y Keitt*.
- Romero B. C.A.; Flores, Z. P.B. and Bello, P. L. A. (2011). Antimicrobianos en películas de almidón oxidado de plátano: Efecto sobre la actividad antibacteriana propiedades mecánicas y de barrera. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(3), 445–453.
- Rouseff, R. L. (2003). Identification of aroma active compounds in orange essence oil using gas chromatography – olfactometry and gas chromatography – mass spectrometry, 998, 201–211.
- Sacsquispe, C. R. E. ; Velásquez, P. J. (2002). *Manual de Procedimientos para la prueba de sensibilidad antimicrobiana por el método de disco de difusión*. Lima Perú. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.05.002>
- Salamanca, G. G., Patricia, M., Tangarife, O., & Gutiérrez, M. (2011). Sistema trazable en el proceso de extracción y beneficio del polen corbicular colectado por *Apis mellifera* L. ( Hymenoptera : Apidae ) en la zona Altoandina de Boyaca , Colombia, 29(1), 127–138.
- Sánchez-González, L. Vargas, M. González-Martínez, C. Cháfer, M. Chiralt, A. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. Valencia - España: VIII Congreso SEAE Bullas.
- Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B. E., Santos-López, E. M., Reyes-González, L. R., & Regalado, C. (2016). Characterization and antimicrobial effect of starch-based edible coating suspensions. *Food Hydrocolloids*, 52, 906–913. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.09.004>

- Serna Cock, L. et al. (2014). Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (*Mangifera indica* L.) variedades Keitt y Tommy Atkins. *Acta Agronomica*, 64, 110–115. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n2.43579>
- Shah, N. N., Vishwasrao, C., Singhal, R. S., & Ananthanarayan, L. (2016). N-Octenyl succinylation of pullulan: Effect on its physico-mechanical and thermal properties and application as an edible coating on fruits. *Food Hydrocolloids*, 55, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.026>
- Silva-Espinoza, B. A., Ortega-Ramírez, L. A., González-Aguilar, G. A., Olivas, I., & Ayala-Zavala, J. F. (2013). Protección antifúngica y enriquecimiento antioxidante de fresa con aceite esencial de hoja de canela. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 217–224.
- Singh, P., Magalhães, S., Alves, L., Antunes, F., Miguel, M., Lindman, B., & Medronho, B. (2019). Cellulose-based edible films for probiotic entrapment. *Food Hydrocolloids*, 88(September 2018), 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.057>
- Skandamis, P. N. y Nychas, G. J-E. 2001. Effect of oregano essential oil on microbiological and physico-chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. *Journal of Applied Microbiology*.91: 1011-1022.
- Sothornvit, R., & Rodsamran, P. (2008). Effect of a mango film on quality of whole and minimally processed mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, 47(3), 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.08.005>
- Stefanovic, S., Spiric, D., Petronijevic, R., Trailovic, J. N., Milicevic, D., Nikolic, D., & Jankovic, S. (2015). Comparison of two Analytical Methods (ELISA and LC-MS/MS) for Determination of Aflatoxin B1 in Corn and Aflatoxin M1 in Milk. *Procedia Food Science*, 5(December), 270–273. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.077>
- Tapiero - Cuellar, J L., Soleno, R., Lozada, A., Blandon, V., Ramírez, K., Rosero, M. y Rivas, Y. (2017). Evaluación de la vida útil de quesos semimaduros con recubrimientos comestibles utilizando aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*) como agente antimicrobiano. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 4, 78–87. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23850/24220582.623>
- Tarazaga, M. L. N. (2007). *Comestibles a Base De Hidroxipropilmetilcelulosa Y Cera De Abeja En La Calidad De Ciruelas* ,.
- Tavassoli-Kafrani, E., Shekarchizadeh, H., & Masoudpour-Behabadi, M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate Polymers*, 137, 360–374. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.074>
- Torres-León, C., Vicente, A. A., Flores-López, M. L., Rojas, R., Serna-Cock, L., Alvarez-Pérez, O. B., & Aguilar, C. N. (2018). Edible films and coatings based on mango (var. Ataulfo) by-products to improve gas transfer rate of peach. *Lwt*, 97(March), 624–631. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.057>
- Umagiliyage, A. L., Becerra-Mora, N., Kohli, P., Fisher, D. J., & Choudhary, R. (2017). Antimicrobial efficacy of liposomes containing D-limonene and its effect on the storage life of blueberries. *Postharvest Biology and Technology*, 128, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.02.007>

- Vásconez, M. B., Flores, S. K., Campos, C. a., Alvarado, J., & Gerschenson, L. N. (2009). Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings. *Food Research International*, 42(7), 762–769.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.02.026>
- Velásquez, M. A., Álvarez, R. M., Tamayo, P. J., & Carvalho, C. P. (2014). Evaluation in vitro of the fungistatic activity of the mandarin essential oil on the growth of *Penicillium* sp. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 7–14. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-87062014000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Villada, H., Acosta, H. A., & Velasco, R. J. (2007). Biodegradables biopolymers naturals used in biodegradable. *Virtualpro*, 12(4), 5–13. Retrieved from <http://www.unicordoba.edu.co/revistas/rta/documentos/12-2/122-1.pdf>
- Vogelsang, S. D. F. (2013). *Análisis del flujo de un biopolímero soluble en agua durante el procesamiento de películas*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá.
- Ximena, I., & Salazar, C. (2009). *Separación de metabolitos de los aceites esenciales de eucalipto y cidron por destilación molecular*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales.
- Xu, S., Chen, X., & Sun, D. (2001). Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 50(October 1996), 211–216.
- Xu, S., Da, L., & Chen, X. (2003). Determining optimum edible films for kiwifruits using an analytical hierarchy process, 30, 877–886.
- Zamar, S. D., Salomone, H. E., & Iribarren, O. a. (2005). Operation planning in the rectification of essential oils. *Journal of Food Engineering*, 69(2), 207–215.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.07.019>
- Zhai, Y., Hunting, E. R., Wouters, M., Peijnenburg, W. J. G. M., & Vijver, M. G. (2016). Silver nanoparticles, ions, and shape governing soil microbial functional diversity: Nano shapes micro. *Frontiers in Microbiology*, 7(JUL).  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01123>