

APLICACIONES DE LOS MUCÍLAGOS EN EL SECTOR AGRO-ALIMENTARIO

*Nahir Y. Dugarte**, Franklin A. Molina y Mario A. García

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi. Av. Simón Rodríguez s/n Barrio El Ejido, Sector San Felipe, Latacunga, Ecuador.

E-mail: nahir.dugarte9193@utc.edu.ec

Recibido: 18-11-2019/Revisado: 20-11-2019/Aceptado: 05-12-2019/Publicado: 13-01-2020

RESUMEN

Los mucílagos, hidrocoloides de naturaleza viscosa, presentan propiedades como agentes suspensores, espesantes, aglutinantes y clarificantes que resultan de interés para investigadores y productores de los sectores cosmético, farmacéutico y agro-alimentario. Teniendo en cuenta estas propiedades, en el presente trabajo se analizan algunas de las aplicaciones de los mucílagos obtenidos a partir de fuentes vegetales en la industria agro-alimentaria.

Palabras clave: mucílago, espesante, aglutinante, clarificante.

ABSTRACT

Application of mucilages in the agro-food sector

Mucilages, hydrocolloids of a viscous nature, have properties such as suspending, thickening, binding and clarifying agents that are of interest to researchers and producers in the cosmetic, pharmaceutical and agro-food sectors. Taking into account these properties, in the present work, some of the applications, in the agro-food industry, of mucilages obtained from plant sources are analyzed.

Keywords: mucilage, thickener, binder, clarifier.

INTRODUCCIÓN

Los mucílagos son hidrocoloides de naturaleza viscosa que se extraen de diversas fuentes vegetales y animales, aunque también pueden ser de origen sintético; entre sus propiedades fundamentales, que favorecen su aplicación no solo en el sector agro-alimentario, sino cosmético y farmacéutico, se encuentran su capacidad de retención de agua y formar suspensiones coloidales, relacionadas con sus funciones como agentes suspensores, espesantes, aglutinantes y clarificantes (1). También se han empleado en el recubrimiento de productos hortofrutícolas (2).

Los mucílagos son sustancias amorfas muy complejas de origen polisacárido y, aunque presentan una composición química similar, se diferencian en la forma en que se generan en las plantas (1). Una de las ventajas de su empleo en la formulación de productos alimenticios radica en que, al no ser metabolizados por el organismo

***Nahir Y. Dugarte Jiménez:** *Licenciada en Química (Universidad de Los Andes, 2004). Doctora en Ciencias Mención Química (Universidad de La Plata, 2011). Se desempeña como profesora de Química Orgánica y Química Inorgánica en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Su área de investigación está relacionada con el empleo de polímeros naturales en el sector agroindustrial.*

humano, no aportan energía; además, no interfieren en su sabor y aroma característicos, pero pueden influir en su textura y apariencia y, por ende, en su aceptabilidad (3).

Debido a su origen biológico, en su degradación intervienen enzimas y, posteriormente, factores extrínsecos como la luz, oxígeno y microorganismos. Por tal motivo, el proceso de estabilización de los mucílagos ha sido y es de gran importancia para su comercialización y utilización en diferentes productos y procesos, entre los que se encuentran alimentos, fármacos y cosméticos. En este sentido, los métodos para su estabilización más empleados son el secado por aspersión y reducción del pH (4-7).

Teniendo en cuenta estas propiedades, en el presente trabajo se analizan algunas de las aplicaciones de los mucílagos obtenidos a partir de fuentes vegetales en la industria agro-alimentaria.

Clasificación de los hidrocoloides

La Tabla 1 presenta la clasificación de los hidrocoloides con mayor importancia comercial en relación a su origen. Una de estas clasificaciones se corresponde con los hidrocoloides exudados de plantas, como las gomas, generalmente obtenidas a partir de arbustos pequeños; estos exudados se recolectan de manera manual y se clasifican en diferentes grados de pureza. En su mayoría, las familias de plantas presentan alguna especie que exuda gomas, sin embargo, debido a la cantidad de exudado, solo algunas logran ser recolectadas. Entre el 10 y 15 % de las gomas de uso comercial corresponden a este grupo.

Las gomas pueden ser definidas, en términos prácticos, como moléculas de alta masa molecular que, usualmente, tienen propiedades coloidales, como la capacidad de incrementar la viscosidad y formar geles al combinarse con un disolvente apropiado. El término goma se utiliza para referirse a polisacáridos y sus derivados obtenidos de plantas terrestres y marinas, y microorganismos, que, al dispersarse en agua fría o caliente, producen disoluciones o mezclas viscosas (8-10).

Este grupo de hidrocoloides representan una alternativa viable en cuestión económica, debido a que no requieren de tratamientos de alta especialización, lo que les confiere una ventaja competitiva en el mercado (11, 12).

Los hidrocoloides de plantas, como el almidón y la celulosa, son de gran importancia como materias primas para el desarrollo de distintas gomas. Con la ayuda de tratamientos térmicos, procesos de oxidación o derivatizaciones, es posible el desarrollo de hidrocoloides adecuados para la aplicación que se requiera. La desventaja en estos materiales es que, a pesar de ser materias primas con costos relativamente bajos, sus procesos de modificación pueden llegar a ser demasiado complejos, elevando su precio y afectando su capacidad comercial (13).

Muchas semillas contienen polisacáridos de reserva diferentes del almidón y algunas se cosechan con el fin de obtener diversas gomas actualmente disponibles en el mercado (13). Las semillas de alholva (*Trigonella foenum-graecum*), especie de planta perteneciente a la familia de las fabáceas, presentan entre 20 y 30 % de mucílagos, aunque toda la planta es fuente de

Tabla 1. Clasificación de hidrocoloides según su origen

Origen	Fuente	Hidrocoloide
Botánico	Árboles	Celulosa
	Gomas exudadas de plantas	Goma arábica, karaya y tragacanto
	Plantas	Almidón, pectinas y celulosa
	Semillas	Goma guar, garrofín, tara y tamarindo
	Tubérculos	Goma Konjac
Algas	Algas rojas	Agar y carragenanos
	Algas marrones	Alginatos
Microbiano	-	Goma xantan, dextrano, gellan y celulosa
Animal	-	Gelatina, caseinato, quitosano y proteína de suero

mucílagos del tipo galactomananos (14). Algunos estudios han señalado que las semillas de tamarindo contienen hasta un 72 % de mucílago (15, 16), lo cual lo convierte en una opción viable para su estudio y posible aplicación como hidrocoloide en el sector agroalimentario.

Entre las gomas vegetales de uso generalizado se encuentran los galactomananos de las semillas de guar y locuste (*Ceratonia siliqua*), exudados como la goma arábiga y tragacanto, y las de las algas como las carragenanas y alginatos (10). Todos ellos son muy utilizados en la formulación de muchos alimentos.

Una importante fuente de obtención de mucílagos son algunas algas, tanto de Rodoficeas (*Gelidium*, *Pterocladia*, *Gracilaria*, *Gigartina* y *Chondrus*) de las que se obtienen el agar-agar y carragenatos, como de Feoficeas (*Fucus* y *Laminaria*) de las que se obtiene la alga. Estos representan una opción económica, pues su extracción es relativamente simple, además de lograr la eliminación de una gran cantidad de la masa seca de las algas y obtención de un producto prácticamente puro (17).

A partir de la utilización de fuentes de energía de bajo costo como granos y melaza, los microorganismos sintetizan hidrocoloides, fundamentalmente polisacáridos estructurales. Esta técnica de producción se encuentra en constante desarrollo a fin de satisfacer los requerimientos a escala industrial de hidrocoloides con propiedades diversas (18).

Los hidrocoloides de origen animal se corresponden al grupo más abundante y diverso dentro de la naturaleza e industria. Por ejemplo, a partir de mamíferos y peces es posible obtener macropolímeros, los cuales, al someterse a procesos físicos y químicos, se pueden convertir en proteínas y carbohidratos de gran utilidad en la industria alimentaria. Una proteína importante obtenida por este medio es el colágeno. Otro ejemplo es la quitosana, obtenida mediante la desacetilación de la quitina extraída del exoesqueleto de los crustáceos (13).

Los hidrocoloides constituyen una clase estructuralmente heterogénea de proteínas y polisacáridos total o parcialmente solubles en agua, donde algunas proteínas son la excepción, ya que se excluyen como fuentes de hidrocoloides (11, 12). Un ejemplo, es la gelatina que

presenta capacidad hidrofílica y de dispersión excelentes (19). Otras proteínas, como las del suero de leche, tradicionalmente no se clasifican como hidrocoloides a pesar de que presentan agregación y comportamiento de gelificación muy similares a los de los polisacáridos; por tal motivo, algunos autores las clasifican como hidrocoloides (20).

En los últimos años se han incrementado los trabajos sobre la extracción, empleo y evaluación de otro tipo de hidrocoloides conocidos como mucílagos, obtenidos principalmente a partir de fuentes vegetales.

Los mucílagos presentan ventajas económicas y funcionales, ya que son de fácil acceso, bajo costo y buena funcionalidad (21). Los mucílagos son polisacáridos que constituyen una clase diversa de macromoléculas biológicas localizadas en altas concentraciones en distintas partes de las plantas. Debido a la alta concentración de grupos hidroxilo en los polisacáridos que los constituyen, los mucílagos generalmente tienen una alta capacidad de retención de agua, la cual se ha relacionado como un mecanismo de las plantas frente a la sequía (18).

El creciente interés por los mucílagos es debido a que se obtienen principalmente a partir de recursos vegetales renovables que se cultivan y cosechan de manera sostenible, con lo que se logra un suministro constante de materias primas. Sin embargo, las sustancias de origen vegetal también plantean varios retos potenciales; por ejemplo, en los casos que requieran procesos de síntesis en pequeñas cantidades y en los que son mezclas estructuralmente complejas que requieran un procesamiento en lugares distintos a los de la localización de las plantas, y si estas son de temporada. Entre los mucílagos más populares se encuentran los obtenidos a partir del nopal, pitahaya, cactus, sábila, pimienta, okra, linaza y chía (17, 21, 22).

Estructura química de los mucílagos

Los mucílagos son sustancias amorfas muy complejas, cuya estructura química general corresponde a polisacáridos heterogéneos con un alto contenido en galactosa, manosa, glucosa y derivados de osas (principalmente ácidos), conjuntamente con calcio, magnesio, potasio y a veces otros metales combinados en la molécula. Los mucílagos se presentan naturalmente como

sales de ácidos orgánicos complejos resultantes de la unión de diversos azúcares con ácidos hexurónicos (ácidos aldehídicos hidroxilados), como el ácido glucorónico. En general, existen dos azúcares en un mucílago, pero en ocasiones se encuentran cinco o más. Las gomas y mucílago difieren de la pectina en que las unidades de galactosa se alternan con glucosa y polisacáridos. La Fig. 1 ilustra su estructura (23).

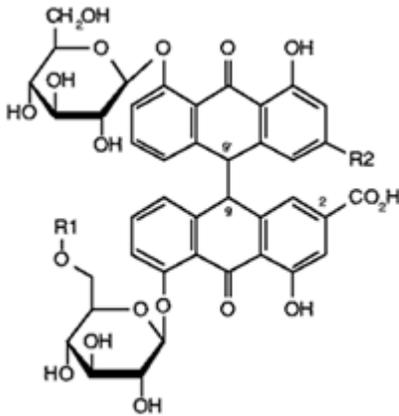


Fig. 1. Estructura general de los mucílago.

Los mucílago de plantas superiores se clasifican como neutros y ácidos. Los mucílago neutros reciben esta denominación debido a que su estructura química corresponde a polímeros heterogéneos de la manosa que incorporan en su estructura un porcentaje variable de otras osas (aldosas y cetosas). Los más frecuentes son: a) glucomananas, polímeros de D-manosa con uniones $\beta(1-4)$ con un 20 a 50 % de unidades de D-glucosa, presentes en órganos subterráneos de algunas Monocotiledóneas (*Amorphophallus konjac* K. Koch.); b) galactomananas, polímeros de D-manosa que incluyen, en un porcentaje que varía entre el 30 y 100 % dependiendo de las especies vegetales, una galactosa en el hidroxilo del C-5 de la manosa; se localizan en las semillas (endospermo) de distintas plantas pertenecientes a diversas familias botánicas (Fabaceae, Cesalpiniaceae, Palmeae, Annonaceae, Convolvulaceae); y c) galactoglucomananas: cadenas de glucosa y manosa en las cuales algunas manosas están sustituidas por D-galactosa en los hidroxilos del C-6, que forman parte de hemicelulosas acumuladas como material de reserva en algunas semillas (*Cercis siliquastrum* L. Cesalpiniaceae).

Los mucílago ácidos tienen en su estructura, aunque en muchas ocasiones no se conoce totalmente, derivados ácidos de osas. Se consideran dentro de ellos varios grupos de mucílago dependiendo de la familia botánica a la que pertenecen las plantas que los producen: a) mucílago de plantas pertenecientes a la familia Plantaginaceae (*Plantago afra* = *P. psyllium* y *Plantago indica* = *P. arenaria*, *P. ovata*, *P. major* y *P. lanceolata*); b) mucílago de plantas pertenecientes a la familia Malvaceae (*Malva sylvestris* y *Althaea officinalis*); y c) mucílago de plantas pertenecientes a la familia Linaceae (*Linum usitatissimum*). Muchas de estas plantas se utilizan como laxantes mecánicos, ya que los mucílago que contienen, al absorber, una gran cantidad de agua a nivel del colon aumentan el volumen, grado de humedad y acidez del bolo fecal, incrementando de esta manera el peristaltismo intestinal y facilitando su evacuación.

Los mucílago en contacto con el agua se hinchan para formar disoluciones altamente viscosas y geles no adherentes. Algunos de estos mucílago son capaces de absorber más de cien veces su masa en agua. El mecanismo de hinchamiento ocurre a nivel molecular, formando estructuras reticulares lineales y achatadas que se disponen en tal forma que están en contacto, constituyendo un esqueleto o estructura interna que es capaz de alojar y absorber el agua.

Aplicaciones en el sector agro-alimentario

Los mucílago obtenidos a partir de fuentes vegetales se han empleado en varias aplicaciones en el sector agro-alimentario (Tabla 2).

Se ha informado sobre el empleo del mucílago de chíá como sustituto total de emulsionantes y estabilizantes en la formulación de helado (24). En este estudio se reportó el efecto de la temperatura de extracción, tiempo de extracción y relación agua:semilla en el rendimiento, viscosidad aparente, estabilidad de la emulsión y ángulo de tono del mucílago. De forma general, aunque el mucílago de chíá mantuvo las características físicas del helado, su color oscuro afectó la apariencia del producto.

La utilización de hidrocoloides de semillas de chíá y lino en la elaboración de productos panificados libres de gluten mostró que la masa panaria alcanzó mayor

Tabla 2. Aplicaciones de mucílagos en el sector agroalimentario

Fuente	Aplicación	Función	Referencia
Semillas de chía (<i>Salvia hispanica</i> L.)	Helados	Estabilizantes y emulsificantes	24
	Mermelada de fresa	Espesante	26
Semillas de chía y lino (<i>Linum usitatissimum</i> L.)	Productos panificados libres de gluten	-	25
Semillas de tamarindo	-	Emulsionante	14
Nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i> [L.] Mill.)	Jícama cortada y naranja	Recubrimiento comestible	2,41
	Mezcla con almidón modificado en la encapsulación aceite esencial de naranja	Encapsulante	42
<i>Aloe vera</i>	Uvas de mesa, cerezas dulces, nectarina y tomate	Recubrimiento comestible	34-38
Alginato de sodio con <i>Aloe vera</i>	Zanahoria cortada y tomates	Recubrimiento comestible	39,40
Cacao	Jalea de mucílago de cacao	-	43
Semillas de moringa (<i>Moringa</i> spp.)	Tratamiento de aguas	Floculante	31,44

volumen y elasticidad, además de que el pan se mantuviera fresco por más tiempo (25). También se utilizó el mucílago de las semillas de chía como espesante en la elaboración de una mermelada de fresa (26).

En la India, las cortezas de *Lneus hibisco*, *Hibiscus esculentus*, *Bombus malbaricum*, *Kydia calycina*, se sumergen en agua y la disolución resultante se añade a jugos (27). Asimismo, se ha evaluado la influencia del mucílago de *H. esculentus* en la clarificación de cerveza; así, se disminuyó la turbidez en este producto desde 35 NTU, hasta 22,1 y 28,8 NTU en función de los tratamientos aplicados (28). También se ha elaborado una bebida con polisacáridos mucilaginosos (29).

En Ecuador, se han empleado los mucílagos obtenidos a partir del cadillo (*Triumfetta lappula* L.), balso blanco (*Heliocarpus americanus* L.), balso rojo (*Ochroma pyramidale*), malva silvestre (*Malva peruviana* L.), malva morada (*Lavatera arborea* L.), abrojo (*Bittneria ovata* Lam.), cucarda (*Hibiscus syriacus* L.), falso Joaquín (*Hibiscus rosa sinensis*), nieve (*Calystegia soldanella*), uyanguilla (*Basella alba*), moquillo (*Saurauia bullosa* Wawra), yausa (*Abutilon insigne* Planch.) y yausabara (*Pavonia sepium* A. St-Hil) en la clarificación de jugo de caña (30).

Dos de los agentes naturales más estudiados por su capacidad de coagulación en los procesos de tratamiento de agua potable son la *Moringa oleifera* y diferentes tipos de cactus, que constituyen una alternativa ambientalmente sostenible (31). También se han utilizado mucílagos, como el de la penca de tuna, en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias (32).

Se realizó la optimización de la extracción del mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica* var. Forrajera) para su aplicación como recubrimiento comestible en la conservación de jícama cortada. El procedimiento que incluyó el escaldado de la penca pelada y molida fue el que dio un producto con mejores características para su uso como recubrimiento. Además, se evaluó el efecto de la adición de ácido oleico y ácido esteárico en las propiedades de películas a base de este mucílago. Ningún recubrimiento redujo la pérdida de masa del producto durante su almacenamiento a 4 °C y 85 % de humedad relativa, aunque disminuyó su pérdida de firmeza (2).

Varios trabajos han reportado la aplicación de *Aloe vera* como recubrimiento comestible en frutas y hortalizas (33) como uvas de mesa (34, 35), cerezas dulces (36), nectarina Arctic Snow (37), tomate (38). También se

ha empelado coberturas de alginato de sodio con *Aloe vera* en la calidad de zanahoria mínimamente procesada (39) y tomates (40).

CONCLUSIONES

Los mucílagos obtenidos a partir de fuentes vegetales presentan propiedades de interés para los sectores cosmético, farmacéutico y agro-alimentario. Entre los principales usos se encuentran su utilización como agentes espesantes y clarificantes, además de aplicarse como coberturas comestibles en la conservación de productos hortofrutícolas enteros y mínimamente procesados.

REFERENCIAS

1. Guandique MI, Samayoa ML. Recopilación de los agentes mucilaginosos más utilizados en la industria farmacéutica y alimentaria. Presentación de algunas técnicas para su uso (tesis de grado). San Salvador: Universidad de El Salvador, 2002.
2. Abraján MA. Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible (tesis doctoral). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2008.
3. Soto D, Gysling J. Productos con oportunidades de desarrollo en Chile: mucílago de algarrobo chileno (*Prosopis chilensis*). *Ciencia e Investigación Forestal* 2009; 15(2): 255-76.
4. Sáenz C, García N, Abraján M, Fabry AM, Robert P. El nopal, una especie de zonas áridas productora de hidrocoloides naturales. *La Alimentación Latinoamericana* 2016; Año L(322): 60-68.
5. Henao H, Giraldo G, Marín Z. Estabilización del *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) empleando métodos combinados. *Agronomía Colombiana* 2016; 34(1):S533-S536.
6. León-Martínez FM, Méndez-Lagunas LL, Rodríguez-Ramírez J. Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): Effects on powder properties and characterization. *Carbohydr Polym* 2010; 81(4):864-70.
7. León-Martínez FM, Rodríguez-Ramírez J, Medina-Torres LL, Méndez-Lagunas LL, Bernad-Bernad MJ. Effects of drying conditions on the rheological properties of reconstituted mucilage solutions (*Opuntia ficus-indica*). *Carbohydr Polym* 2011; 84(1):439-45.
8. Saha D, Bhattacharya S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *International J Food Sci Technol* 2010; 47(6):587-97.
9. Whistler RL. Factors influencing gum costs and applications. En: *Industrial Gums*, 2nd ed. Whistler RL, BeMiller JN (Eds.). Academic Press, San Diego; 1973.
10. Whistler RL, Daniel JR. Carbohydrates. En: *Food Chemistry*, 2nd ed. Fennema OR (Ed.). Marcel Dekker, Nueva York; 1985.
11. Glicksman M. Background and Classification. En: *Food Hydrocolloids*, Vol I. Glicksman M (Ed.). CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida; 1982.
12. Nussinovitch A, Hirashima M. *Cooking Innovations: Using Hydrocolloids for Thickening, Gelling, and Emulsification*. 1st ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida; 2013.
13. Capitani MI, Ixtaina VY, Nolasco SM, Tomás MC. Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. *J Sci Food Agric* 2013; 93(15):3856-62.
14. Peña DE. Estudio de las propiedades emulsionantes del mucílago de la semilla de tamarindo (tesis de grado). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, 2017.
15. Khounvilay K, Sittikijyothin W. Rheological behaviour of tamarind seed gum in aqueous solutions. *Food Hydrocolloid* 2012; 26(2):334-38.
16. Manchanda R, Arora S, Manchanda R. Tamarind Seed Polysaccharide and its Modifications-Versatile Pharmaceutical Excipients - A Review. *Inter J Pharm Technol Res* 2014; 6(2):412-20.
17. Prajapati VD, Jani GK, Moradiya NG, Randeria NP, Nagar BJ. Locust bean gum: A versatile biopolymer. *Carbohydr Polym* 2013; 94(2):814-21.
18. Fang G, Tang F, Cao L. Preparation, thermal properties and applications of shape-stabilized thermal energy storage materials. *Renew Sust Energ Rev* 2014; 40:237-59.
19. Dickinson E. Hydrocolloids as emulsifiers and emulsion stabilizers. *Food Hydrocolloid* 2009; 23(6):1473-82.
20. Li JM, Nie SP. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloid* 2015; 61:638-52.
21. Salehi F, Kashaninejad M. Effect of Different Drying Methods on Rheological and Textural Properties of Balangu Seed Gum. *Drying Technol* 2014; 2(6):720-27.

22. Archana G, Sabina K, Babuskin S, Radhakrishnan K, Mohammed M, Fayidh A, Azhagu P, Babu S, Sivarajan M, Sukumar M. Preparation and characterization of mucilage polysaccharide for biomedical applications. *Carbohydr Polym* 2013; 98:89-94.
23. Mathews CK, Van Holde KE, Ahern KG. *Biochemistry*, 3rd ed. Addison Wesley Longman, San Francisco; 2000.
24. Campos B, Dias T, da Silva M, Scaramal G, Bergamasco R. Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a stabilizer and emulsifier. *LWT* 2016; 65:874-83.
25. Garda MR, Álvarez MS, Lattanzio MB, Ferraro C, Colombo ME. Rol de los hidrocoloides de semillas de chía y lino en la optimización de panificados libres de gluten. *Dieta* 2012; 30(140):31-38.
26. Farelá L. Extracción y caracterización del mucílago de la semilla de chan (*Salvia hispanica* L.) Para la determinación de los parámetros de aplicación como aditivo espesante en función a la concentración en mermelada de fresa (tesis de grado). Guatemala de la Asunción: Universidad Rafael Landívar, 2017.
27. Jaffé W. Non-centrifugal cane sugar (NCS) (panela, jaggery, gur, muscovado) process technology and the need of its innovation. *Panela Monitor* 2014; 8-17.
28. Yao B, Assidjo E, Gueu S, Ado G. Study of the *Hibiscus esculentus* mucilage coagulation–flocculation activity. *J Appl Sci Environ Mgt* 2005; 9(1):173-76.
29. Moore ED, MacAnalley BH. A drink containing mucilaginous polysaccharides and its preparation, U.S. Patent 5, 443, 830. 1995.
30. Quezada WF, Quezada WD, Gallardo I. Plantas mucilaginosas en la clarificación del jugo de la caña de azúcar. *Centro Azúcar* 2016; 43(2):1-11.
31. Ramírez H, Jaramillo J. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Rev Facultad de Ciencias Básicas/Universidad Militar Nueva Granada* 2015; 11(2):136-53.
32. Silva MN. Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias (tesis de grado). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017.
33. Martínez-Romero D, Serrano M, Valero D, Castillo S. Aplicación de *Aloe vera* como recubrimiento sobre frutas y hortalizas. *Spain Patent* 200302937; 2003.
34. Valverde JM, Valero D, Martínez-Romero D, Guillén F, Castillo S, Serrano M. Novel edible coating based on *Aloe vera* gel to maintain table grape quality and safety. *J Agric Food Chem* 2005; 53:7807-13.
35. Serrano M, Valverde JM, Guillén F, Castillo S, Martínez-Romero D, Valero D. Use of *Aloe vera* gel coating preserves the functional properties of table grapes. *J Agric Food Chem* 2006; 54:3882-86.
36. Martínez-Romero D, Alburquerque N, Valverde JM, Guillén F, Castillo S, Valero D, Serrano M. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: a new edible coating. *Postharvest Biol Tec* 2006; 39:93-100.
37. Ahmed MJ, Singh Z, Khan AS. Postharvest *Aloe vera* gel-coating modulates fruit ripening and quality of ‘Arctic Snow’ nectarine kept in ambient and cold storage. *Int J Food Sci Technol* 2009; 44:1024-33.
38. García M, Ventosa M, Díaz R, Falco S, Casariego A. Effects of *Aloe vera* coating on postharvest quality of tomato. *Fruits* 2014; 69(2):117-26.
39. García M, Ventosa M, Díaz R, Casariego A. Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con *Aloe vera* en la calidad de zanahoria mínimamente procesada. *Cienc Tecnol Alim* 2011; 21(3):62-67.
40. Ventosa M, García MA, Díaz R, Casariego A. Empleo de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con *Aloe vera* en el tratamiento poscosecha de tomates. *Cienc Tecnol Alim* 2013; 23(1):34-40.
41. Molina FA, Osorio NM, Yáñez ME, Rojas JO, García MA. Recubrimientos de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y pectina con aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) en la conservación de naranjas. *Cienc Tecnol Alim* 2019; 29 (Aceptada).
42. Aguilar C. Optimización del proceso de modificación del almidón de maíz ceroso por extrusión y el uso de mezclas de almidones modificados con mucílago de nopal para la encapsulación de aceite esencial de naranja empleando el secado por aspersión (tesis de grado). Pachuca de Soto: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México; 2007.
43. Vallejo CA, Díaz R, Morales W, Soria R, Vera JF, Baren C. Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea. *ESPAMCIENCIA* 2016; 7(1):51-58.
44. Dorea C. Use of *Moringa* spp. seeds for coagulation: a review of a sustainable option. *Water Sci* 2006; 6(1):219-27.