



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación



Proyecto de Investigación 2018

Unidad:	Saltillo	División:	Ciencia Animal	Departamento:	Ciencia y Tecnología de Alimentos
Tema estratégico (ANA/PEP):	Tecnología de Alimentos				
Línea de investigación:	Ingeniería y Reología de Alimentos				
Título del proyecto:	Determinación de la concentración crítica del biopolímero de la chía en presencia de iones positivos (cationes) a partir de parámetros reológicos y moleculares, para la elaboración de recubrimientos comestibles.				
Presupuesto solicitado (Máximo \$75,000)	\$75,000	El proyecto es:	Nuevo	Continuación	X
Tipo de investigación:	Básica	Aplicada	X	Tecnológica	e-mail del responsable: gabriela.martinez@uaan.mx; gabrielamtz.dcta@gmail.com
Vinculación:	Si	No	Fondos concurrentes:		
Cooperante(s):	Instituto Politécnico Nacional-CEPROBI; Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA); Departamento de Investigación de Alimentos (DIA/FCQ/UAdC)				
Entidad (es):	Morelos/Coahuila	Municipio (s):	Yautepec/Saltillo		
Localidades:	Yautepec/Saltillo				
A realizar durante el(los) año(s):	2018				
Participantes		Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma	
Responsable	Dolores Gabriela Martínez Vázquez	3624	3869		
Colaborador:	Sarahí del Carmen Rangel Ortega	3624	3974		
Colaborador:	Mario Alberto Cruz Hernández	3624	3867		
Colaborador:	Armando Robledo Olivo	3624	4048		
Colaborador	Ana Verónica Charles Rodríguez	3624	3724		
Colaborador	Emmanuel Flores Huicochea	IPN-CEPROBI			
Colaborador:	Enrique Jiménez Regalado	CIQA			
Colaborador:	Ruth Elizabeth Belmares Cerda	UAdC			
		Grado por obtener	Matricula	Firma	
Tesista:	Placido Domingo Medina Tenango	Licenciatura	41146648		
Programa Docente:	Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos				
Tesista:					
Programa Docente:					
	Vo. Bo.		Autoriza		
Firma y sello					
Nombre	Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez Jefe de Departamento		Dr. Armando Robledo Olivo Subdirector de Programación y Evaluación		

• Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

1.-Titulo del proyecto

Presupuesto solicitado:

Determinación de la concentración crítica del biopolímero de la chía en presencia de iones positivos (cationes) a partir de parámetros reológicos y moleculares, para la elaboración de recubrimientos comestibles.

\$75,000.00

2.- Introducción

En la naturaleza los polisacáridos forman parte de plantas, animales y microorganismos, donde tienen propiedades funcionales o estructurales, por ejemplo forman parte de la pared celular, protegiendo las células, catalizando reacciones bioquímicas y en algunas veces descartadas como desperdicios. Dentro de la industria de los alimentos se utilizan diversas sustancias para modificar las propiedades de los alimentos, una de ellas son los hidrocoloides, estos son biopolímeros o proteínas solubles en agua, que tienen la característica de incrementar la viscosidad o formar geles, como características principales, debido a su alto peso molecular y/o su capacidad de sufrir cambios estructurales y posterior formación de una red tridimensional, ambos fenómenos influenciados por condiciones ambientales. El almidón y la gelatina son los principales hidrocoloides empleados en la industria de los alimentos debido a sus propiedades, disponibilidad y su bajo costo; sin embargo estos hidrocoloides pueden presentar limitaciones en su aplicación debido a condiciones de temperatura, pH, fuerza iónica entre otros; del sistema donde se utilizan. El descubrimiento de nuevos hidrocoloides a partir de fuentes botánicas o microbiológicas hace necesario llevar estudios de la caracterización de su comportamiento y entender las propiedades fundamentales ante condiciones en las que normalmente los hidrocoloides de uso común pierden sus propiedades funcionales.

Las semillas de chía contiene proteína (19-23%), carbohidratos (26-41%), fibra dietaria (18-30%), aceite (30-33%)¹. En medio acuoso, la semilla de chía forma una cápsula gelatinosa, debido al polisacárido en la superficie de la semilla, tiene propiedades de gel. Lin y col.², propusieron la unidad básica es un tetrasacárido (xilosa, glucosa, xilosa y ácido glucurónico), con peso molecular promedio 0.8 a 2 x10⁶ daltons.

La viscosidad intrínseca $[\eta]$ es una medida del volumen ocupado por una macromolécula³ y es usualmente determinada como el límite de la viscosidad inherente o el cociente entre la viscosidad específica y la concentración del polímero cuando la concentración del polímero se aproxima a cero, utilizando las ecuaciones de Huggins y Kraemer³. El volumen molecular está relacionado con la conformación de las moléculas en el polisacárido en la disolución, los efectos atractivos y repulsivos entre las cadenas de los polímeros afectan la solubilidad de las moléculas del biopolímero en disolución. La adición de cationes, usualmente Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, pueden cambiar la viscosidad intrínseca debido al cambio de repulsión o atracción entre las cadenas poliméricas y los iones adicionados. En cambio en el volumen, conformación y asociación molecular pueden ser detectados a través de la viscosidad intrínseca. Las formulaciones en los alimentos contienen diversos aditivos, uno de los más abundantes es el Na⁺ y la sacarosa. La $[\eta]$, se relaciona estrechamente con la concentración crítica (C*), esta indica la concentración a partir de la cual se presenta traslape e interpenetración en las moléculas presentes en la solución⁴.

El conocimiento de C* de un sistema polimérico, permite predecir su estado final a partir de las condiciones iniciales y las condiciones finales (temperatura, fuerza iónica y concentración de hidrocoloide) a la que se encuentre y con esto, determinar la capacidad de formación de encapsulados que contengan sustancias activas o la formación de recubrimientos que prolonguen la vida de anaquel de los alimentos, por mencionar algunas aplicaciones en la industria alimenticia.

Objetivos

- I. Medir la viscosidad relativa e inherente del biopolímero de la chía en presencia de cationes
- II. Obtener la viscosidad intrínseca y las constantes de Huggins y Kraemer.
- III. Determinar la concentración crítica del biopolímero de la chía en presencia de cationes
- IV. Aplicar el biopolímero en presencia de cationes en la formación de recubrimientos comestibles y/o encapsulados de sustancias activas.

Hipótesis

Es posible determinar la concentración crítica del biopolímero de la chía a partir de parámetros reológicos y

3.-Revisión de Literatura

La Chía, también denominada Chan, (*Salvia hispánica* L.) es una especie botánica de los géneros *Salvia*, *Hyptis*, *Amaranthus* y *Chenopodium*; cuyo cultivo y utilización fueron considerados por Kirchoff⁵ como un elemento esencial de la cultura mesoamericana. En la época prehispánica fue una planta importante y sus semillas, su harina o su aceite fueron apreciados por sus usos medicinales, alimenticios, artísticos y religiosos⁶.

La semilla de chía contiene más proteína y aceite que otros granos, por lo que resulta una fuente de alimento muy atractiva en países en desarrollo⁷; su aceite posee un alto contenido de ácido linolénico omega-3, esencial en la alimentación y efectivo para disminuir las afecciones cardiovasculares⁸; los antioxidantes naturales de su aceite evitan los procesos oxidativos de los alimentos⁹; el mucilago de la testa de la semilla es un polisacárido útil como fibra soluble y dietética; los aceites esenciales pueden usarse en la industria de los saborizantes y fragancias¹¹; además, los ácidos grasos saturados y el colesterol del huevo se reducen cuando se adiciona semilla de chía a la dieta de las gallinas¹².

El uso tradicional de la chía como alimento es la elaboración de una bebida refrescante edulcorada con piloncillo. En algunos lugares se agrega al maíz para hacer pinole con un mejor sabor y sin ocasionar problemas de acidez en el estómago. También se usa como alimento adelgazante o para bajar de peso¹³. La harina de la semilla mezclada con sorgo o harina de trigo es usada para hacer pastelillos horneados, galletas y otras preparaciones^{14,15}. Por otro lado, se realizó la caracterización de la fracción proteica de harina desgrasada de chía, su capacidad espumante en términos del pH y su estabilidad, la cual resultó útil en la incorporación en postres congelados, pasteles y alimentos infantiles¹⁶. Vázquez-Galindo y col.¹⁷ realizaron la extracción y evaluación fisicoquímica del mucilago de dos variedades de chía ("Blanca" y "Violeta") para su posible utilización en la industria como fuente de fibra dietaria, no encontrando diferencias significativas del contenido de fibra dietaria total entre ambas variedades pero si en el rendimiento de la extracción del mucilago, siendo mayor para la variedad "Blanca".

La semilla de chía al ponerse en contacto con el agua, forma una barrera gelatinosa en su superficie a la cual se le llama mucilago, constituido principalmente por carbohidratos complejos y de acuerdo a su naturaleza química se considera un hidrocoloide. Una de las características principales de los hidrocoloides es su capacidad de incrementar la viscosidad y formar geles, estas dependen de la concentración de hidrocoloide, temperatura, fuerza iónica y tipo de ión utilizado. El estudio de las condiciones que propician sistemas gelificantes o no gelificantes y su representación a través de diagramas de fase son importantes para poder predecir su aplicación.

Las moléculas de alto peso molecular (proteínas, hidrocoloides, pectinas, etc.) contribuyen a la estructura y viscosidad en los alimentos, la respuesta en la viscosidad depende del tipo de macromolécula y la concentración de esta. Cuando las disoluciones de biopolímeros se hacen progresivamente más diluidas las interacciones de las cadenas de los polímeros se hacen menos importantes, en este tipo de régimen las diferencias reológicas se deben esencialmente al volumen hidrodinámico de las macromoléculas, el cual está relacionado con la forma adoptada por las cadenas en la disolución, su peso molecular y su radio de giro, la viscosidad intrínseca $[\eta]$ es una medición que se utiliza para cuantificar las dimensiones de la cadena del biopolímero^{18,19}.

La viscosidad intrínseca proporciona el volumen hidrodinámico que ocupa una cadena de biopolímero en el solvente y se determina a partir de datos de viscosidad de disoluciones diluidas como el límite cuando la concentración tiende a cero de la relación concentración-viscosidad específica, y tiene unidades del inverso de la concentración, convencionalmente se utilizan las unidades de dL/g^{18,19}.

Cuando las soluciones diluidas presentan un comportamiento corte-adelgazante, la viscosidad a corte cero (η_0), puede ser usada en lugar de la viscosidad Newtoniana η . La $[\eta]$ puede ser estimada gráficamente por un procedimiento de doble extrapolación graficando η_{sp}/C y $\ln \eta_r/C$ en función de C . El segundo procedimiento es de índole analítico e implica correlacionar los datos experimentales con los modelos de Huggins o Kraemer, realizando una regresión lineal^{18,20}.

Para realizar las mediciones de viscosidad intrínseca las concentraciones del biopolímero deberían de ser tal que la

viscosidad relativa de la dispersión se debe encontrar en el intervalo de 1.2 a 2 para asegurar una buena precisión y linealidad en la extrapolación a concentración cero¹⁹. La constante de Huggins K' es un índice de la interacción polímero-polímero, experimentalmente K' cambia 0.3-0.4 para un buen solvente y 0.5-0.8 para un solvente θ para obtener una mejor precisión en la determinación las ecuaciones de Huggins y Kraemer son utilizadas y graficadas a la par, tal como se muestra en la Figura 1^{18, 19, 21, 22}.

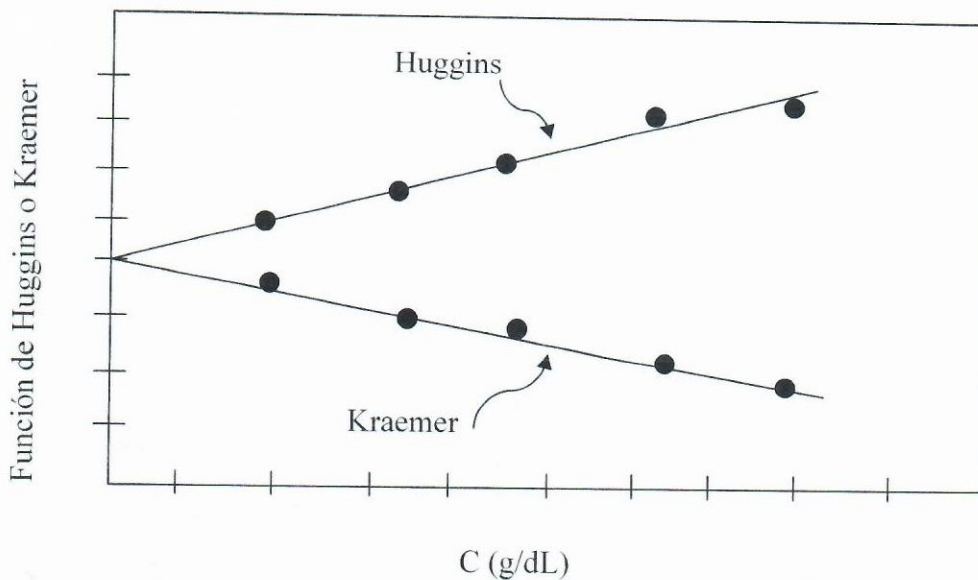


Figura 1. Estimación de la viscosidad intrínseca, símbolos datos experimentales y líneas calculadas a partir de las ecuaciones.

4.- Procedimiento Experimental

1. Preparación de disoluciones del biopolímero de la chía y determinación de su densidad
2. Determinación de la viscosidad relativa de las disoluciones del biopolímero
3. Estimar la viscosidad intrínseca de las mezclas de biopolímeros a partir de las funciones de Huggins y Kramer

Cronograma de Actividades para el 2018.

Actividad por realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Preparación de disoluciones del biopolímero de la chía y determinación de su densidad												
Determinación de la viscosidad relativa de las disoluciones del biopolímero												
Obtener la viscosidad intrínseca del biopolímero en presencia de cationes												
Correlacionar los datos mediante regresión lineal y determinar la concentración crítica del sistema polimérico.												
Envío de resumen para la participación en un Congreso Nacional.												
Aplicar la mezcla biopolimérica como agente encapsulador de sustancias activas.												

- Salvia Hispanica L. Properties, applications and health. Nova Science Publisher, Inc. Chapter 2.:15-32.
11. Ahmed, M.I., Ting, I.P. y Scora, R.W. (1994) "Leaf oil composition of *Salvia hispánica* L. from three geographical areas". *J. Essentials Oil Res.* 6:223-228.
 12. Ayerza, R. y Coates, W. (2001) "The omega-3 enriched eggs: the influence of dietary linolenic fatty acid source combination on egg production and composition". *Can. J. Animal Sci.* 81:355-362.
 13. Malele, R.S., Mutayabarwa, C.K., Mwangi, J.W., Thoithi, G.N., Lucini, E.I. y Zygadlo, J.A. (2003) "Essential oil of *Hyptis suaveolens* L. Point: Composition and Antifungal Activity". *Journal of Essential Oil Research.*
 14. Aluri, J.S.R., Vergara-Santa, M.I. y Lemus-Juarez, S. (1997) "Floral Ecology, Carinal-Lobe, release, Pollination and Reproductive Success in the Wild and Domesticated Forms of *Hyptis suaveolens* L. in Mexico". *Plant Species Biology* 12(2-3):61-68
 15. Vergara-Santa, M.A., Madrigal-Ambriz, L.V. y Lemus-Juárez, S. (2008). "Obtención de harina de *Hyptis suaveolens* L. con alto nivel nutritivo y máximo desprendimiento de mucilago y su utilización en la elaboración de productos alimenticios. Patente No. 264267 Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual, México
 16. Vázquez-Obando, A., Rosado-Rubio, Gabriel, Betancourt-Ancona, D. y Chel-Guerreo, L. "Propiedades Fisicoquímicas y Funcionales de un Producto Proteínico de Chía (*Salvia hispánica* L.)". *Memorias del XII Congreso nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos*
 17. Vázquez-Galindo, J., Madrigal-Ambriz, L.V., Rodríguez-Pérez, M.A. y Gaitán-Hinojosa, M.A. (2010) "Extracción t Caracterización Fisicoquímica del Mucilago de dos Variedades de Chan (*Hyptis suaveolens* L.)". *Memorias del XII Congreso nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Guanajuato, Gto. México.*
 18. Lapasin, R., & Pricil, S. (1995). *Rheology of industrial polysaccharides: Theory and applications.* Glasgow, UK.
 19. Rao, M. A. (1999). *Rheology of fluid and semisolid foods: principles and applications* (Primera edición ed.). Gauthersburg, Maryland, USA: Aspen publication.
 20. Hill, S. E. (1998). Dilute solution viscometry of food biopolymers. En S. E. Hill, D. Ledward, & J. R. Mitchell (Edits.), *Functional properties of food macromolecules* (Segunda edición ed., págs. 1-43). Gaithersburg, Maryland, USA: Aspen Publishers, Inc.
 21. Sakai, T. (1968). Huggins constan k' for flexible chain polymers. *Journal of Polymer Science: Part A-2*, 6, 1535-1549.
 22. Sakai, T. (1968b). Extrapolation procedures for intrinsic viscosity and for Huggins constant k'. *Journal of polymer Science: Part A-2*, 6, 1659-1672.