

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



DETERMINACION DE INTERACCIONES MOLECULARES ENTRE EL BIOPOLIMERO DE LA CHIA (*Salvia Hispánica L.*) Y GRENETINA MEDIANTE CALORIMETRIA DE BARRIDO DIFERENCIAL (DSC).

TESIS

PRESENTADA POR:

ROBERTO RODRIGUEZ PALOMO

Como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila México. Agosto 2015.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

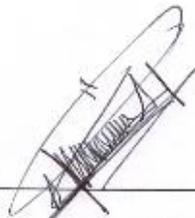
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Por:

ROBERTO RODRIGUEZ PALOMO

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como
requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Dr. Emmanuel Flores Huicochea

Director



Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez

Asesor

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Por:

ROBERTO RODRIGUEZ PALOMO

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como
requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

APROBADO

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez
Presidente del Jurado

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez
Sinodal

Dr. Emmanuel Flores Huicochea
Sinodal

Dr. Mario Alberto Cruz Hernández
Sinodal

Dr. José Duñez Alánis
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila México. Noviembre 2015.

Agradecimiento CeProBi-IPN

El presente trabajo de tesis fue realizado en los laboratorios del Departamento de Desarrollo Tecnológico del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CeProBi), del Instituto Politécnico Nacional, colaborando dentro del proyecto "Interacciones moleculares gelatina-biopolímero de la chía (*Salvia Hispánica L.*) Clave SIP: 20150730, bajo la dirección del Dr. Emmanuel Flores Huicochea, agradeciendo las facilidades otorgadas para dicho trabajo.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta aquí, así como darme la fortaleza para superar los retos que se me presentaron a lo largo de mi carrera y por darme a los mejores soportes, mis padres

A mi familia

A mis padres (Roberto Rodríguez Palomo María Del Rosario Palomo Reyna) mi hermana (Montserrat Alejandra Rodríguez Palomo

Por haberme dado el apoyo que necesitaba en todo momento, que nunca me negaron su brazo para caminar a su lado, que este logro es de ellos por que sin ellos no hubiese sido posible este pasó en mi vida.

A mi novia Sara Gabriela Torres Urbano

Por haberme dado el apoyo y no dejarme caer cuando titubeaba en mis decisiones , por sacarme una sonrisa cuando más estresado estaba

A mis asesores

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vásquez y Dr. Emmanuel Flores Huicochea

Porque con sus conocimientos y experiencia, me dieron las herramientas necesarias para llegar a culminar este proyecto ya que aprendí a resolver dudas, por ayudarme en todas mis dudas y nunca negarme su apoyo ya que sin ellos no hubiese sido posible este logro

A mis familiares

Que siempre escuchaba hablar cosas buenas de mi lo cual me hacía sentirme comprometido por no defraudarlos

Indicé de tabla.....	8
Índice de Figuras.....	9
1 Introducción.....	12
1.1 Biopolímeros.....	13
1.1.1 Chía.....	14
1.1.2 Gelatina.....	15
1.2 Mezcla de biopolímeros.....	16
2 Análisis térmico.....	17
2.1.1 Tipos de análisis térmicos.....	17
2.1.2 Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC).....	19
2.2 Clasificación de calorímetros.....	23
2.2.1 Calorímetros de compensación.....	23
2.2.2 Calorímetros de temperatura cambiante.....	23
2.2.3 Calorímetros de intercambio de calor.....	23
2.2.4 Calorímetro simple.....	23
2.2.5 Colorímetro doble o diferencial.....	24
2.2.6 Calorímetros de compensación.....	24
2.2.7 Calorímetro de frío.....	24
2.2.8 Calorímetro de bomba adiabática.....	24
2.3 La termodinámica.....	24
3 Justificación.....	25
4 Objetivos.....	26
4.1 General.....	26
4.2 Específicos.....	27
5 Hipótesis.....	27
6 Metodología.....	28
6.1 Materiales.....	28
6.2 Equipo utilizado.....	29

6.3	Obtención del biopolímero de chía.....	29
6.4	Mediciones DSC	29
6.4.1	Preparación de la muestra.....	29
6.4.2	Calibración.....	29
6.4.3	Preparación de soluciones	30
6.5	Calorimetría de barrido diferencial	30
7	Resultados y discusión	31
7.1	Calibración	31
7.2	Termogramas.....	33
7.2.1	Grenetina.....	33
7.2.2	Biopolímero de chia	33
7.2.3	Mezclas de grenetina-biopolímero de chia con iones Na+	33
8	Conclusión.....	50
9	BIBLIOGRAFIA.....	51

Indicé de tabla

Tabla 1 Fuentes de obtención de biopolímeros (Garibay, Ramirez, & Agustin, 1993).....	13
Tabla 2 Tipos de análisis térmicos.....	17
Tabla 3. Tabla de temperaturas de transición de chia, grenetina, chia:grenetina a una concentración total de biopolímero de 1% en presencia de iones.....	35

Índice de Figuras

Figura 1. Termograma típico de DSC.....	20
Figura 2. Curva de calibración del Indio.....	32
Figura 3. Termograma de DSC para una charola vacía.....	33
Figura 4. Termograma de grenetina 0.5% 0 mM Na+.....	35
Figura 5. Termograma de grenetina 0.5% 5 mM Na+.....	36
Figura 6. Termograma de grenetina 0.5% 50 mM Na+.....	36
Figura 7. Termograma de grenetina 1.0% 0 mM Na+.....	37
Figura 8. Termograma de grenetina 1.0% 5 mM Na+.....	37
Figura 9. Termograma de grenetina 1.0% 50 mM Na+.....	38
Figura 10. Termograma del biopolímero de chia 0.5% con 0 mM Na+.....	38
Figura 11. Termograma del biopolímero de chia 0.5% con 5 mM Na+.....	39
Figura 12. Termograma del biopolímero de chia 0.5% con 10 mM Na+.....	40
Figura 13. Termograma del biopolímero de chia 0.5% con 25 mM Na+.....	40
Figura 14. Termograma del biopolímero de chia 0.5% con 50 mM Na+.....	40
Figura 15. Termograma del biopolímero de chia 1% con 5 mM Na+.....	41
Figura 16. Termograma del biopolímero de chia 1% con 10 mM Na+.....	41
Figura 17. Termograma del biopolímero de chia 1% con 25 mM Na+.....	42
Figura 18. Termograma del biopolímero de chia 1% con 50 mM Na+.....	42
Figura 19. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 0 mM Na+, relación biopolímero:grenetina 25:75.....	43
Figura 20. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 5 mM Na+, relación biopolímero:grenetina 25:75.....	44
Figura 21. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 10 mM Na+, relación biopolímero:grenetina 25:75.....	44
Figura 22. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 25 mM Na+, relación biopolímero:grenetina 25:75.....	45
Figura 23. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 50 mM Na+, relación biopolímero:grenetina 25:75.....	45
Figura 24. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 0 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.....	46
Figura 25. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 5 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.....	46
Figura 26. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 10 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.....	47
Figura 27. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 25 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.....	47
Figura 28. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 50 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.....	48
Figura 29. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 0 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 75:25.....	48

Figura 30. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 5 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 75:25..... 49

Figura 31. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 10 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 75:25..... 49

Figura 32. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 25 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 75:25..... 50

Figura 33. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 50 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 75:25..... 50

Resumen

Se realizaron termogramas con el biopolímero de chía en el intervalo de concentraciones de 0.5 a 1% con iones Na⁺ (0 a 50 mM). Las Figuras 10, 11 no muestran una transición gel-sol, pero la concentración de 0.5%, con 10 y 25 mM Na⁺, muestran una transición gel-sol a 20 ° y 22 °C respectivamente. El incremento en la concentración de iones Na⁺ a 50 mM no presenta transición gel-sol.

Las mezclas de biopolímero de chia:grenetina presentan tres zonas de interacción: negativa, positiva y dentro de lo que cabría esperarse de una mezcla.

La interacción negativa se presentó dentro del intervalo de temperaturas de 20 a 25 °C.

La interacción positiva se presentó en la relación chia:grenetina 75:25 a 0 y 10 mM Na⁺, con una temperatura de 52 y 48 °C.

El incremento en la relación chia: grenetina favorece el incremento de la temperatura de transición.

El incremento de la temperatura de transición es una medida indirecta de la interacción molecular de la mezcla de biopolímeros.

Palabras clave: *biopolímero, DSC, Chía*

Correo electrónico; Roberto Rodríguez Palomo, robert.ictauaaan@hotmail.com

1 Introducción

Las interacciones moleculares son responsables de las propiedades únicas de las sustancias tan simples como el agua o tan complejas como los polímeros. Pequeños desequilibrios de distribución de carga en las moléculas permiten interactuar entre sí y con campos externos. Una consecuencia de esta interacción es la cohesión de las moléculas para formar la parte de la materia, estas interacciones son importantes para comprender las formas que adoptan las macromoléculas biológicas y sintéticas.(Paula & Paula, 2007).

La interacción de las moléculas de la misma sustancia o entre moléculas de diferentes materiales dependerá de la magnitud y sentido de fuerzas intermoleculares, tales como: fuerzas de London, van der Waals, puentes de hidrógeno.

Fuerzas de London y Fuerzas de van der Waals. Las moléculas no polares se atraen entre sí mediante interacciones débiles dipolo-dipolo, surgen por dipolos inducidos en una molécula por otra, la cual consiste en la atracción electrostática entre el extremo positivo de una molécula polar y el negativo de otra. El enlace de hidrógeno es un tipo especial de interacción dipolo-dipolo.

Puente de hidrógeno. Se presenta entre moléculas que contienen elementos electronegativos unidos a hidrógenos, por ejemplo oxígeno, nitrógeno y flúor, las interacciones se van a dar cuando los elementos electronegativos atraigan al hidrógeno de otra molécula, los puentes de hidrógeno se pueden dar entre moléculas diferentes que también contengan elementos electronegativos unidos a hidrógeno. Esta interacción se debe a que el átomo de hidrógeno parcialmente positivo de una molécula, es atraído por el par de electrones no compartidos del átomo electronegativo de otra.

1.1 Biopolímeros

Un biopolímero es una gran molécula biológica la cual está constituida por unidades repetidas, en los polisacáridos las unidades repetidas son tetrasacáridos o disacáridos (Lapasin & Pricl, 1995), estas especies químicas tienen alto peso molecular, gran tamaño y forma predominantemente alargada, forman parte de las paredes celulares de células animales y vegetales (Ara, 2000); cumplen diversas funciones en el organismo tales como: soporte estructural (celulosa), catalizadores y funciones informativas de características genéticas como lo son el ADN y RNA (Costa, 2005). La Tabla 1, muestra los algunos biopolímeros y la fuente de donde se obtienen.

Tabla 1 Fuentes de obtención de biopolímeros (Garibay, Ramirez, & Agustin, 1993)

Fuente de obtención del biopolímero	Biopolímero
Animal	Colágeno/gelatina, albumina y caseinatos.
Marino	Quitina/quitosano, agares alginatos, carrageninas.
Microbiano	Xantana, pullulan y ácido poliláctico
Hidrocoloides	Proteínas (zina, soya y gluten de trigo)
Polisacáridos	Celulosa, fibra, almidones y pectinas

La razón principal de la amplia utilización de los hidrocoloides (biopolímeros solubles en agua) en la industria alimentaria es su capacidad de modificar la reología de los sistemas alimentarios. Esto incluye dos propiedades básicas de los alimentos, es decir, el comportamiento de flujo (viscosidad) y sus características sólidas (textura). Son aditivos que mejoran las condiciones de los alimentos. Mediante el uso de biopolímeros se han elaborado diversas presentaciones de empaques, además de la elaboración de recubrimientos comestibles para evitar

deterioros y lograr un aumento en la vida de anaquel de los productos alimentarios con base en proteínas (colágeno, gelatina). Con estos biopolímeros se pueden obtener películas simples, bicapas y multicapas (Garibay, Ramirez, & Cortez, 1993).

1.1.1 Chía

La semilla de chía empezó a ser usada para la alimentación humana en la época precolombina, alrededor del año 3500 a.C. y toma importancia por ser uno de los cultivos básicos en el centro de México y América central entre los años 1500 y 900 a.C. El uso de la semilla y sus subproductos se remonta a la época de los Mayas y los Aztecas, quienes empleaban la semilla como alimento, medicina, ofrenda a los dioses y materia prima para producir un aceite que era empleado como base en pinturas decorativas y ungüentos cosméticos (Gillet, 1981; Whistler, 1982).

La harina tostada, otro de sus subproductos, era utilizada para la elaboración de una popular bebida nutritiva denominada “Chía fresca” (agua, limón, chía). Pero años después del descubrimiento de América, los cereales aportados por los españoles desplazaron su cultivo, el cual casi llegó a desaparecer. Su cultivo solo sobrevivió en las áreas montañosas de México y Guatemala y a finales del siglo pasado, el interés por la chía resurgió por considerarla buena fuente de omega-3, fibra alimentaria, proteína y antioxidantes (Ayersa & Coates, 2006).

Una de las principales propiedades que posee esta semilla es ser fuente natural de ácidos grasos omega, que corresponde al 75% del aceite total de la chía, y omega 6; posee también concentraciones importantes de antioxidantes naturales, primarios y sinérgicos, como son el ácido cloro génico, ácido caféico, miricetina, quercetina y kaempferol, fibra soluble e insoluble, vitaminas y minerales. También posee una cantidad importante de fibra dietética en comparación de otras semillas. (Fitzpatrick, 2004).

El mucílago obtenido de la semilla es una potencial fuente de hidrocoloides con diferentes propiedades funcionales atractivas para la industria, tales como; gran

capacidad de retención de agua, emulsificante, espesante, estabilizante en la formación de espumas, altamente soluble en agua fría y/o caliente. El biopolímero de *Salvia hispánica* además puede ser incorporado en diferentes alimentos y formulaciones; tiene la capacidad de formar películas comestibles en combinación con proteínas mejorando las propiedades mecánicas y funcionales de las mismas. El mucílago puede reemplazar en una formulación comercial el 100 % del estabilizante empleado tradicionalmente, proporcionando a un postre lácteo iguales y/o mejores propiedades sensoriales (Ayerza, 2006).

1.1.2 Gelatina

La gelatina se obtiene cuando el colágeno es sometido a una hidrólisis, un proceso de degradación se descompone y se genera una estructura fibrosa la cual se descompone en forma irreversible. Las principales fuentes industriales de gelatina, tanto en la alimentaria como en la farmacéutica, son las pieles y huesos de origen bovino y porcino. Después de un proceso previo de lavado, maceración y purificación, la materia prima se sumerge en agua muy caliente, para así extraer la fracción de colágeno, que se disuelve en ella. Es una proteína estructural que constituye el 30% de las proteínas presentes en los animales, formada por una mezcla heterogénea de polipéptidos multiramificados y monoramificados (Redondo, 2007). La gelatina de más alta calidad, a juzgar por la capacidad gelificante, se realiza mediante la extracción a temperatura más baja, ya que a estas temperaturas se produce una menor hidrólisis en las cadenas polipeptídicas, cada extracción posterior da un producto más pobre de gelificación. Las diversas extracciones pueden ser combinadas para producir gelatinas de la calidad requerida antes de la filtración, para eliminar adicionalmente la grasa y otras impurezas en suspensión (Phillips & Williams, 2000).

Se encuentra en polvo o en lámina para poder ser utilizada se debe de someter a una temperatura de 70 °C (Phillips & Williams, 2000).

En cuanto a sus propiedades como estabilizante, un agente de este tipo mantiene cierto estado fisicoquímico ideal en el alimento. Dentro de esta categoría hay

ingredientes que permiten mantener homogéneo el alimento y otros que ayudan a mantener o intensificar algún color asimismo como agente gelificante favoreciendo la retención del agua. A continuación se mencionan las aplicaciones que representan el mayor uso (Phillips & Williams, 2000).

- Pastillas y goma de mascar
- Gomas, caramelos y malvaviscos
- Postres refrigerados
- Yogur batido
- Pasta, fideos y arroz instantáneo
- Vitaminas y suplementos alimenticios
- Cárnicos y salchichas
- Industria química y fotografía
- Industria farmacéutica y cosmetológica

1.2 Mezcla de biopolímeros

La importancia de la mezcla entre los biopolímeros radica en que ninguno por sí mismo genera películas con las propiedades que se requiere para la conservación de alimentos. Se pueden seleccionar las películas con las características deseadas, para luego mezclarlas y obtener resultados: generando empaques con propiedades a la medida. Así mismo el rendimiento de algunas propiedades requeridas para los empaques de alimentos no se logran alcanzar únicamente con biopolímeros. En muchos casos, la mejor combinación de atributos en empaques se alcanzan usando la combinación de materiales. Es por ello que se han estudiado diversas técnicas para lograr la integración del biopolímero y de películas sintetizadas esto mediante la integración de matrices la cual se refiere a la formación de una película conformada por dos o más materiales mezclados por homogenización (R.Cruz-Morfin, Y.Martinez-Tenorio, & A.Lopez-Malo, 2013)

2 Análisis térmico

Todos aquellos métodos de medida basados en el cambio, con la temperatura (o en función del tiempo a temperatura constante), de una propiedad física o mecánica de un material, mientras se le somete a un programa de temperaturas controlado (Vicente, 2000).

2.1.1 Tipos de análisis térmicos

En la siguiente tabla se mencionaran algunos tipos de análisis térmicos entre los cuales se resaltara el análisis de calorimetría de barrido diferencial (DSC)

Tabla 2 Tipos de análisis térmicos

Análisis	Fundamento
Termo gravimetría (TGA)	Es una técnica de análisis térmico en la que se determina una pérdida o ganancia de masa o de muestra en función de la temperatura(Gomez, 2009).
Análisis termo gravimétrico isotérmico (TGAi)	En este se mantiene la temperatura constante mientras se registran los cambios de masa(Ruiz, Alonso, & Quintanilla, 2009).
Análisis isotérmico (IA)	en el que la muestra a analizar se calienta mientras la masa es constante y se estabiliza la temperatura mientras se van produciendo cambios de masa(Ruiz et al., 2009)
Análisis Dinámico (DA)	Se calienta la muestra en una atmósfera controlada con una rampa de temperatura previamente fijada(Rivas, 2006).
Análisis termo mecánico (TMA)	Conjunto de procesos mecánicos para obtener energía mecánica a partir del estado térmico aportado a un fluido aparente través de un proceso de combustión.(Vicente, 2000).

Comentario [G1]: Colocar en la parte superior de la tabla

Comentario [G2]: Sería conveniente colocar las siglas de cada técnica: TGA, DMA...Faltó incluir en la tabla al DSC

Comentario [G3]: atmósfera

Análisis termo mecánico dinámico (DMA)	<p>Análisis utilizado en estudios de procesos de relajación y en reología, para estudiar y caracterizar el comportamiento de materiales visco elásticos como polímeros y sus respuestas ante impulsos, estrés, deformación en tiempo y frecuencia. DMA utiliza el principio de estímulo-respuesta, para ello una fuerza oscilante es aplicada a la muestra y el desplazamiento resultante es medido, la rigidez de la muestra puede ser determinada y el módulo de la muestra puede ser calculado. Por medio de la medición del lapso entre el desplazamiento y la fuerza aplicada es posible determinar las propiedades de deformación del material.(Raimond & Charles, 1995). Este estudio es importante para la comprensión de la mecánica de materiales poliméricos utilizados como hules, fibras textiles, empaques, plásticos, espumas y diferentes compuestos.</p>
Relajación dieléctrica	<p>Es el resultado de movimientos (diplos relajación dipolar), y de sus cargas eléctricas (relajación iónica) debido a un campo aplicado alternamente(Rivas, 2006).</p>
Termo optometría	<p>Estudia la variación de algunas propiedades ópticas de una muestra que ha sido sometida a tratamiento térmico</p>
Análisis electro térmico (ETA)	<p>Cuando la conductividad eléctrica se mide en función de la temperatura, a la técnica se le denomina análisis electro térmico y se usa ampliamente en el estudio de semiconductores y polímeros.(Albella, Cintas, Miranda, & Serratos, 1993).</p>

Termo magnetómetro (TM)	Da a conocer las variaciones de las propiedades magnéticas de un material con la temperatura(Albella et al., 1993).
Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC)	<p>La calorimetría diferencial de barrido consiste en calentar una muestra, así como un compuesto de referencia, por ejemplo un gel, de tal manera que la temperatura es en todo momento igual entre la muestra y la referencia. Esto se consigue midiendo las temperaturas con sensores y ajustando la magnitud de calentamiento. Se aplican velocidades de calentamiento (en grados/s) uniformes a la muestra y a la referencia para realizar el barrido de temperaturas.</p> <p>La representación de la potencia de calentamiento frente a la temperatura es lo que se denomina diagrama DSC, dado que se realiza frente a la temperatura. La DSC detecta transiciones que implican intercambio de energía, sea almacenamiento de calor (procesos endotérmicos) o liberación de calor (procesos exotérmicos). Ejemplos de estos procesos son las transiciones de fase (sólido-sólido o sólido-líquido) por ejemplo: procesos de cristalización, oxidaciones irreversibles o deshidrataciones. Una de las ventajas de DSC, es que la señal emitida es independiente de las propiedades térmicas de la muestra analizada (Cervantes, 2012)</p>

2.1.2 Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC)

La calorimetría diferencial de barrido consiste en calentar una muestra, así como un compuesto de referencia, por ejemplo un gel, la temperatura es en todo

momento es igual entre la muestra y la referencia. Esto se consigue midiendo las temperaturas con sensores y ajustando la magnitud de calentamiento. Se aplican velocidades de calentamiento (en grados/s) uniformes a la muestra y a la referencia para realizar el barrido de temperaturas.

La representación de la potencia de calentamiento frente a la temperatura es lo que se denomina diagrama DSC, dado que se realiza frente a la temperatura. La DSC detecta transiciones que implican intercambio de energía, sea almacenamiento de calor (procesos endotérmicos) o liberación de calor (procesos exotérmicos). Ejemplos de estos procesos son las transiciones de fase (sólido-sólido o sólido-líquido) por ejemplo: procesos de cristalización, oxidaciones irreversibles o deshidrataciones, Ver Figura 1. Una de las ventajas de DSC, es que la señal emitida es independiente de las propiedades térmicas de la muestra analizada.

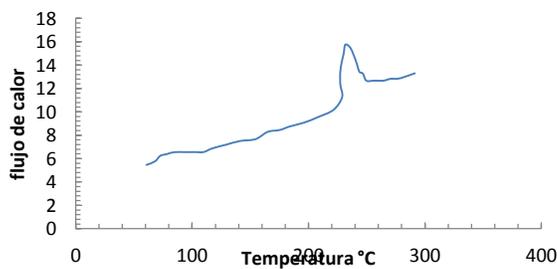


Figura 1. Termograma típico de DSC.

En la técnica especial de la calorimetría diferencial de barrido se dispone de dos capsulas de aluminio o platino. Una de ellas contiene la muestra de la cual se desconoce su comportamiento al ser sometida a temperaturas altas y la otra generalmente vacía, es llamada capsula de referencia. Se usan calefactores individuales para cada cápsula y un sistema de control comprueba si se producen diferencias de temperatura entre la muestra y la referencia. Si se detecta cualquier diferencia, los calefactores individuales se corregirán de tal manera que la temperatura se mantendrá igual en ambas cápsulas. Es decir, cuando tiene lugar un proceso exotérmico o endotérmico, el instrumento compensa la energía necesaria para mantener la misma temperatura en ambas cápsulas.(Cervantes, 2012).

2.1.2.1 Fast-scan DSC

Esta revisión examina las aplicaciones actuales de esta técnica para la caracterización y la selección de materiales. En los últimos años se ha dado la extensión de la técnica para incluir calefacción y la refrigeración rápida para determinación de materiales cristalinos, caracterización de polimorfos y transiciones polimórficas. Se ha implementado el uso de computadoras más avanzadas así como actualización del software. La exploración rápida DSC juega un papel muy importante en las caracterizaciones físicas de un producto.(Vicent, 1994).

Al analizar los resultados obtenidos, y correr el termo gramas se da a conocer la cantidad total de energía liberada o consumida durante la reacción.

Esta técnica también resulta muy adecuada para comprobar la pureza de un material, examinando la forma y la anchura del pico obtenido. Para muestras biológicas, esta técnica está considerada hoy en día como la más adecuada para estudiar la energética de las transiciones plegamiento-despegamiento de las proteínas. Permite la caracterización termodinámica de los cambios conformacionales inducidos por cambios de temperatura en proteínas, ácidos nucleicos y biomembranas.

2.1.2.2 Aplicaciones

- a) Estabilidad térmica de los materiales. Esta técnica ha sido utilizada para ayudar a determinar los problemas de almacenamiento de materiales como pólvora, así como el periodo de vigencia de los fármacos y condiciones de secado de tabaco y diferentes cultivos.
- b) Transiciones de fase. Se utiliza para compuestos, polímeros y alimentos. El método consiste en proporcionar un flujo de calor a velocidad constante a la muestra y a un material de referencia de composición conocida que se sabe no causara cambios las muestras. Se colocan en un crisol cerrado herméticamente lo que impide que se produzcan cambios de humedad, los cuales puedan influir en la temperatura. Esta técnica se utilizó para registrar el cambio endotérmico o exotérmico que ocurren durante una medida dinámica en función de la temperatura. ((Navarrete, Grau, Boix, & Maupoey, 1998).
- c) Polimorfismos. Se utiliza en productos sólidos para determinar su cambio a nivel macro estructural mediante la aplicación de temperaturas elevadas ocurriendo modificaciones en su estructura.
- d) Transición vítrea. Esta solo ocurre en los polímeros, y se da cuando hay una cierta temperatura distinta a la del polímero, llamada vítrea. Cuando el polímero es enfriado por debajo de la temperatura, se vuelve rígido y quebradizo igual a un vidrio. Este proceso se lleva acabo a una temperatura de 100°C (materiales amorfos) y se caracteriza por un incremento en la capacidad calorífica. (Aldana, Sandoval, & Quintero, 1998).
- e) Cinéticas de reacción. Estudia la velocidad de reacción de un compuesto y su comportamiento al aplicar un flujo de calor continuo a diferentes temperaturas y determinados periodos de tiempos. (Gordon, 1973)
- f) Punto de fusión. Es usado para la caracterización de productos, y está relacionado con sus propiedades físicas tales como dureza y comportamiento térmico. La técnica es usada en la determinación de grasas y aceites como el de soya y algodón(Tieko & Goncalves, 1999). El punto de fusión es la temperatura a la cual se encuentra el equilibrio de

fase solido-liquido, es decir, el material se funde siendo sometido a temperaturas constantes.

- g) Caracterización de productos. Se utiliza para la caracterización de distintos almidones de diferentes orígenes. Se ha determinado la gelatinización de leguminosas como garbanzo, lenteja y frijol, así como en el comportamiento del almidón de yuca y el comportamiento amiláceo aislando las áreas cristalinas de los granos.(Aldana et al., 1998)

2.2 Clasificación de calorímetros

2.2.1 Calorímetros de compensación.

Aplicada a la determinación de la capacidad calorífica de las membranas como función del contenido de agua de los mismos, y permiten encontrar la proporción de agua libre y agua enlazada por efecto de la interacción. Mediante estos resultados se puede dar información sobre la estructura interna de la membrana y el grado de cristalinidad de la matriz polimérica.(Hernandez, F.Tejerina, Arribas, Martinez, & Martinez, 1990).

2.2.2 Calorímetros de temperatura cambiante

Este es aplicado en la determinación de la capacidad calorífica de los productos capaces interactuar incluso con cambios abruptos en el material analizado. (Picado & Álvarez, 2000)

2.2.3 Calorímetros de intercambio de calor

Se utilizan para estudiar los intercambios de calor que ocurren entre dos masas o materiales, y poder determinar calores de mezcla, de reacción y de inmersión(Gómez, 2009).

2.2.4 Calorímetro simple.

Un calorímetro simple está constituido solo por un termómetro y un recipiente cerrado, el cual solo es capaz de analizar una reacción, siempre y cuando esta ocurra rápidamente y no conlleven a más de una reacción(Picado & Álvarez, 2000)

2.2.5 Colorímetro doble o diferencial.

Este calorímetro se basa en la técnica más comúnmente utilizada para hacer la determinación de transiciones de fase en compuestos inorgánicos, polímeros y alimentos; mediante la aplicación de un flujo de calor, a velocidad constante aplicada a la muestra y a un material de referencia de composición conocida (Gomez, 2009).

2.2.6 Calorímetros de compensación.

Aplicada a la determinación de la capacidad calorífica de las membranas, como función del contenido de agua de los mismos y permiten encontrar la proporción de agua libre y agua enlazada por efecto de la interacción. Mediante estos resultados se puede dar información sobre la estructura interna de la membrana y el grado de cristalinidad de la matriz polimérica. (Hernandez et al., 1990).

2.2.7 Calorímetro de frío.

Mide los cambios de calor través de la cantidad de hielo que funde o solidifica debido al calor de reacción determinada como lo son la cantidad de calorías que han sido producidas en una reacción química ocurrida en el proceso. (Michell, 1996).

2.2.8 Calorímetro de bomba adiabática.

Este calorímetro trabaja de una forma muy precisa ya que en esta técnica no existen fugas de calor debido a que la bomba es sumergida en el baño de agua en agitación, creando una acertada determinación de capacidad calorífica. (Paula & Paula, 2007).

Comentario [G4]: Colocar en la parte superior de la tabla

2.3 La termodinámica

Uno de los principios fundamentales de la calorimetría es la termodinámica la cual se describe a continuación, los conceptos básicos.

La termodinámica, es la rama de la física que estudia a nivel macroscópico, las transferencias de energía, así como interpretar de qué manera la energía que se desprende puede transformarse en algún movimiento. En la termodinámica existen dos leyes las cuales explican cómo se da el intercambio de energía de un cuerpo con otro.

Primera ley, se habla de la conservación de la energía en un sistema. En esta ley se hace uso de los conceptos claves de energía interna, calor, y trabajo sobre un sistema. La unidad estándar de todas estas cantidades es el julio, aunque algunas veces se expresan en calorías o BTU.

La segunda ley de la termodinámica es conocida como la ley de la Entropía (medida de energía inutilizable dentro de un sistema cerrado o aislado) en esta ley se imponen restricciones en cuanto a la transferencia de calor. Esta ley se explica cuando la energía que rodea a un cuerpo y aplica restricciones en cuanto a cómo es posible transferir calor(Vicent, 1994).

3 Justificación

En la actualidad se han elaborado diversos empaques, utilizando las interacción moleculares de materiales tales como son biopolímero + biopolímero, polímero + biopolímero y polímero + polímero, en este trabajo se busca determinar el grado de interacción entre el biopolímero de la chía y la proteína de la grenetina para mejorar sus propiedades.

Una de los principales objetivos es poder determinar si es factible la mezcla de dos biopolímeros para poder realizar algún empaque, el cual ayude a disminuir el tiempo de (bio)degradación del empaque en el medio ambiente, porque los empaques producidos mediante polímeros tardaran años en lograr su (bio)degradación, mientras que si se logra la mezcla de un biopolímero con otro para la elaboración de un empaque se disminuirá el daño al planeta logrando que no exista una alteración ecológica en el sistema.

Comentario [G5]: tardan

4 Objetivos

4.1 General

Determinar el grado de interacción del biopolímero de la chíá con la grenetina mediante la técnica de calorimetría diferencial de barrido para determinar el grado de interacción entre ambos compuestos.

4.2 Específicos

- Obtención del biopolímero de la chía mediante la hidratación y posteriormente someterla a un secado por liofilización.
- Determinar la temperatura de transición con DSC del biopolímero de chía y grenetina a una concentración del 1% en presencia de iones Na⁺ (0,5, 10, 25 y 50 mM).
- Determinar la temperatura de transición por DSC de mezclas de biopolímero de chia:grenetina a una concentración total del 1%, con iones Na⁺ (0,5, 10, 25 y 50 mM) y relación biopolímero de chia:grenetina de 25:75, 50:50 y 75:25.
- Determinar la presencia, ausencia o interacciones moleculares negativas a través de las mediciones de la temperatura de transición de las mezclas de biopolímero de chia:grenetina obtenidas por calorimetría de barrido diferencial.

5 Hipótesis

Es posible que exista un grado de interacción molecular entre el biopolímero de chía y la grenetina en presencia de iones Na⁺, debido a que en ambos casos son polielectrólitos. La presencia de iones sodio en polielectrólitos modifica la rigidez molecular y el volumen molecular, haciendo pasar a los polielectrólitos sin iones

de una molécula rígida, en presencia de cierto grado de iones los polielectrólitos pueden comportarse como una molécula sin carga y la adición de un exceso de iones puede transformar al polielectrólito en una molécula totalmente plegada (colapsada) o aún volverla insoluble. La versatilidad de los polielectrólitos puede presentar condiciones que hagan viable la interacción molecular del biopolímero de chí y grenetina, la medición de la temperatura de transición por DSC, permitirá detectar está condición al tener temperaturas de transición mayores a las que presentan las componentes puros.

6 Metodología

6.1 Materiales

- Vasos de precipitado
- Pipetas graduadas
- Charolas de calentamiento para DCS de 20 mg
- Pinzas para charolas DSC
- Agitador magnético
- Jeringas de 3 ml.

6.2 Equipo utilizado

- Calorímetro de barrido diferencial (DSC) TA INSTRUMENT DSC 2010
- Prensa para encapsulamiento de muestras
- Balanza analítica
- Parrillas de calentamiento con agitación

6.3 Obtención del biopolímero de chíá

El biopolímero de la chíá se obtendrá mediante un proceso de liofilización (Virits) el cual se llevara a cabo en las instalaciones del Centro de Investigación del Instituto Politécnico Nacional Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI) ubicado en Yautepec Morelos carretera Yautepec-Jojutla km 6 calle CEPROBI No 8 colonia San Isidro C.P. 62731. El proceso de obtención fue similar al reportado previamente (Rodríguez Cruz, 2014).

6.4 Mediciones DSC

6.4.1 Preparación de la muestra

Se cargan en cápsulas (células) de aluminio con una capacidad de 10-20 mg. Estas cápsulas se sellan con una tapa de aluminio para impedir que por problemas de dilatación o descomposición de la muestra, ésta se proyecte fuera de la cápsula. La cantidad y forma de la muestra influyen bastante en la calidad y precisión de la medida. Debido a la baja conductividad térmica de la muestra, cuanto mayor sea la superficie de contacto entre la misma y el foco calefactor, más rápidamente se difundirá el calor a toda la masa de la muestra (Cervantes, 2012).

Comentario [G6]: ¿unidades?

6.4.2 Calibración

Se corre un termograma utilizando materiales de referencia con calores de fusión perfectamente conocidos generalmente se utilizan metales de alta pureza por ejemplo Indio.

El objetivo de este análisis es establecer una temperatura cercana, crear diferencias o similitudes de una muestra conocida con otra que se analizará al

Comentario [G7]: analizará

momento de que entren en contacto con el calor. El método de calorimetría de barrido requiere energía para compensar las desviaciones de temperatura entre las dos células (capsulas), así como determinar la energía necesaria para hacer una medición de la entalpia o de la capacidad de calor(Vicent, 1994).

DSC no solo mide los efectos endotérmicos y exotérmicos, sino también los cambios en la capacidad calorífica de la muestra como una función de la temperatura. Para este proceso los calorímetros deben estar calibrados de acuerdo a la resistencia térmica, capacidad de calor y temperatura. Este método se utiliza para medir congelación, despliegue, transición vítrea, sólidos de fusión y temperatura de descomposición.

Comentario [G8]: sólidos

6.4.3 Preparación de soluciones

Los biopolímeros (chía y grenetina) se prepararon en disolución a tres concentraciones 0.1, 0.5 y 1% usando los siguientes niveles de iones sodio adicionados 0, 5, 10, 25 y 50 mM Na⁺. Las muestras se preparadas (10-20 mg) se colocaron en las charolas de DSC y de dejaron reposar entre 9-13 horas antes de los barridos de temperatura en el DSC para asegurar una adecuada hidratación.

Las mezclas de grenetina: biopolímero de chia se analizaron con tres concentraciones de biopolímero total 0.1, 0.5 y 1%, pero utilizando tres relaciones grenetina: biopolímero de chia (75:25, 50:50 y 25:75), adicionalmente se utilizaron los niveles de iones Na⁺ iguales a los empleados en las disoluciones de los biopolímeros puros, es decir, 0,5,10,25 y 50 mM Na⁺.

6.5 Calorimetría de barrido diferencial

Las mediciones de calorimetría de barrido diferencial, DSC por sus siglas en inglés, se realizaron a una velocidad de calentamiento de 5 °C/min, en el intervalo de temperatura de 10 a 65 °C. Las mediciones se realizaron por duplicado. Una vez finalizado el calentamiento se utilizó hielo como medio de enfriamiento para disminuir la temperatura a 10 °C. Debido a que el calorímetro utilizado no posee enfriamiento las mediciones solo se realizaron en modo de calentamiento. Se utilizó en programa TA Instrument Control (TA Instruments, USA), para controlar y adquirir datos del termograma, los datos de temperatura y calentamiento se

exportaron en formato de texto y las gráficas se realizaron en Excel (Microsoft Office, 2013). Los termogramas se reportaron como la relación de mW vs T (°C).

7 Resultados y discusión

7.1 Calibración

Las Figuras 2 y 3, muestran la curva de calibración usada para temperatura, en este caso se utilizó el indio que tiene de fusión de 160 °C, similar al obtenido. La Figura 3, es la línea base, la cual se realiza usando dos celdas vacías, esta línea base se usa para eliminar el efecto que tiene las celdas de aluminio, con la finalidad que los termogramas solo reflejen el efecto de la disolución de biopolímero o la mezcla de biopolímero.

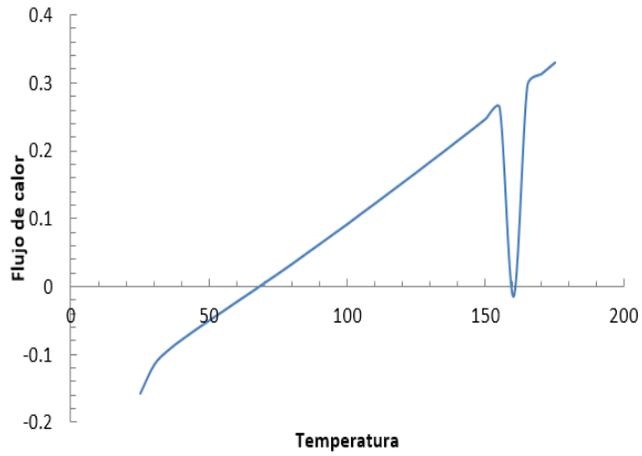


Figura 2. Curva de calibración del Indio

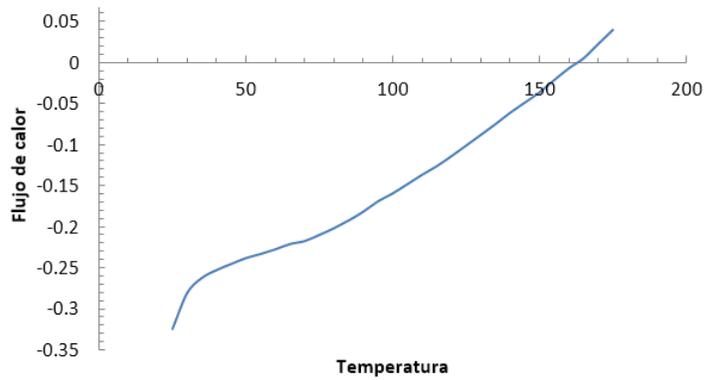


Figura 3. Termograma de DSC para una charola vacía

7.2 Termogramas

7.2.1 Grenetina

Las Figuras 4 a 9, muestran los termogramas de gelatina con iones con Na⁺ en el intervalo de concentraciones de 0-50 mM. Las Figuras 4 y 7, muestra los termogramas de gelatina a una concentración de 0.5 a 1 % en ausencia de iones Na⁺, en ambos casos se observa una transición gel-sol a 32 °C (0.5%) y 24 °C (1%), en la concentración del 1% se observa en el intervalo de temperatura 10 a 12 °C. La grenetina con iones no muestra transición sol-gel en el intervalo de temperatura de 10 a 70 °C.

7.2.2 Biopolímero de chia

Se realizaron termogramas con el biopolímero de chia en el intervalo de concentraciones de 0.5 a 1% con iones Na⁺ (0 a 50 mM). Las Figuras 10, 11 no muestran una transición gel-sol, pero la concentración de 0.5%, con 10 y 25 mM Na⁺, muestran una transición gel-sol a 20 ° y 22 °C respectivamente. El incremento en la concentración de iones Na⁺ a 50 mM no presenta transición gel-sol

7.2.3 Mezclas de grenetina-biopolímero de chia con iones Na⁺

Las Figuras 19 a 33 muestran los termogramas de las mezclas de biopolímero de chia: grenetina con una concentración total de biopolímero de 0.5 a 1% y con relaciones de biopolímero: grenetina de 25:75, 50:50 y 75:25 usando los siguientes niveles de iones sodio 0, 5, 10, 25 y 50 mM.

En la Tabla 3, se presenta las temperaturas de transición de los biopolímeros y de mezclas de estos. En este caso solo se presentan datos a una concentración total de biopolímero del 1%. La chíá solo presenta transición hasta una concentración de iones en el intervalo de 25-50 mM Na⁺. La grenetina solo presenta transición con 0 mM Na⁺ a una temperatura de 28 °C.

En las mezclas de chía: gnetina se presentan transición gel-sol en todas las relaciones chía: gnetina y iones sodio a excepción de la relación chía: biopolímero de 50:50.

En las mezclas se observa que al mantener constante los niveles de iones e incrementar la relación chía: gnetina se incrementa la temperatura de transición, en general. Cuando se mantiene la relación chía: biopolímero constante e incrementar el contenido de iones parece mostrar una tendencia a disminuir. Los cambios en la temperatura de transición en las filas se puede deber al efecto electrostático de los iones Na^+ , a bajas concentraciones los iones neutralizan las cargas que presenta el biopolímero de chía, a medida que se incrementa la concentración de iones Na^+ saturan las cargas de las moléculas de biopolímero, un exceso adicional hace que se las cargan de iones Na^+ hace una repulsión entre ellas disminuyendo la interacción entre los biopolímeros, lo que manifiesta como una disminución en la temperatura de transición. La temperatura de transición es una medida indirecta de la interacción molecular, a medida que la temperatura incrementa la interacción molecular es mayor.

El cambio en la temperatura de transición en las columnas se podría deber a que el biopolímero de chía favorece la interacción molecular, en todos los casos se observa que la relación 75:25 presenta mayores temperaturas de transición que la relación 25:75.

En la Tabla 3, se observa las temperaturas de transición sombreadas en gris se encuentran dentro del intervalo de temperaturas de los biopolímeros puros, es decir, estas mezclas no presentan interacción molecular. En la misma tabla las temperaturas marcadas con * muestran temperaturas fuera del intervalo de temperaturas (28-38 °C) de los biopolímeros puros pero inferiores al límite inferior (28 °C), es decir, se presenta una interacción negativa de los biopolímeros, solo existen dos condiciones marcadas con signo + donde la interacción molecular se presenta en forma positiva.

A pesar que las temperaturas marcadas con gris se considera que no presentan interacción molecular porque se presentan dentro del intervalo de 28-38 °C, parece prudente realizar un análisis un poco más detallado con otras técnicas como FT-IR o reología para determinar la presencia de interacciones moleculares debido a que varias condiciones de los biopolímeros puros no presentan temperatura de transición. Por ejemplo en el biopolímero de chía se requiere de niveles de hasta 25 mM Na^+ para detectar temperatura de transición gel-sol. Por

otro, lado los iones tiene un efecto negativo en la temperatura de transición de la grenetina.

Tabla 3. Tabla de temperaturas de transición de chíá, grenetina, chíá: grenetina a una concentración total de biopolímero de 1% en presencia de iones.

Mezcla	Chía:Grenetina	mM Na+				
		0	5	10	25	50
1%	25:75	30 °C	20 °C *	24 °C *	42 °C	30 °C
	50:50	NP	30 °C	32 °C	25 °C *	34 °C
	75:25	52 °C +	35 °C	48 °C +	35 °C	35
1%	Chía	NP	NP	NP	24 °C	38 °C
1%	Grenetina	28	---	----	NP	NP

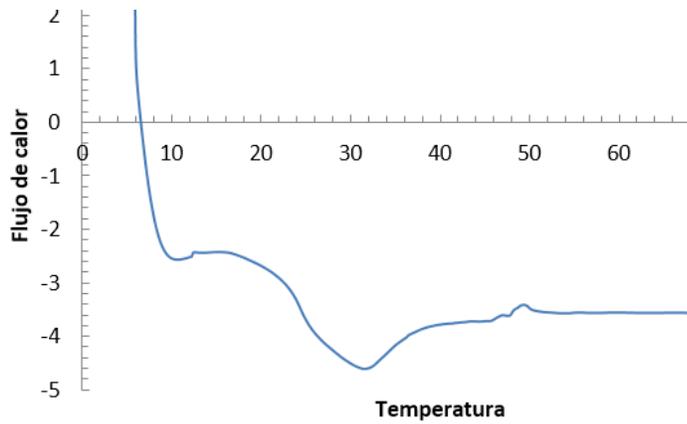


Figura 4. Termograma de grenetina 0.5% 0 mM Na+.

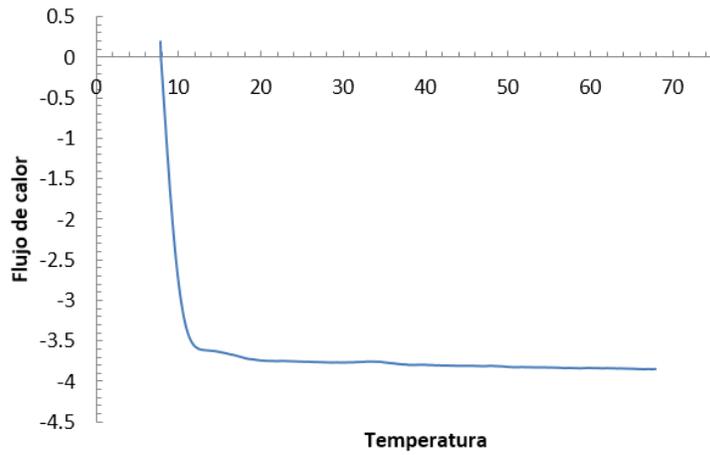


Figura 5. Termograma de grenetina 0.5% 5 mM Na+.

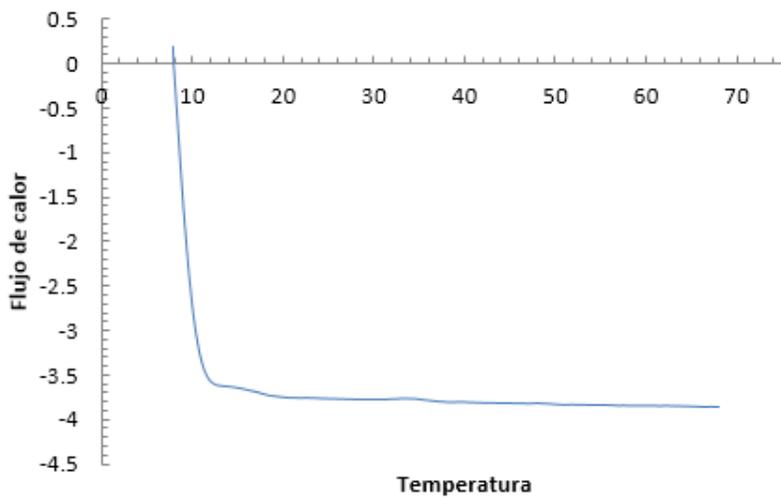


Figura 6. Termograma de grenetina 0.5% 50 mM Na+.

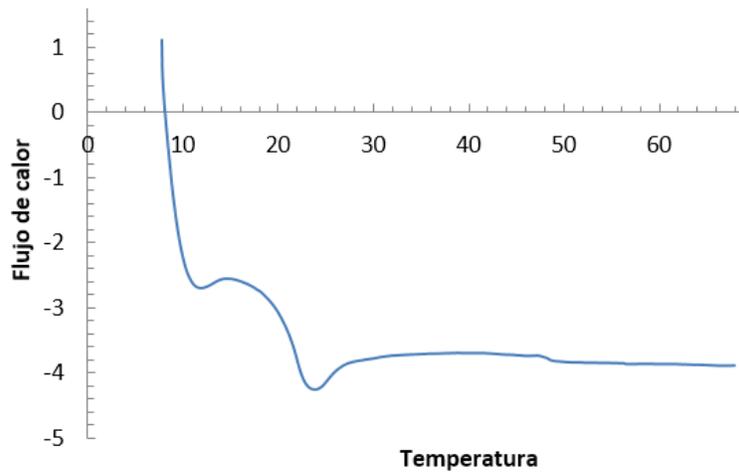


Figura 7. Termograma de grenetina 1.0% 0 mM Na+.

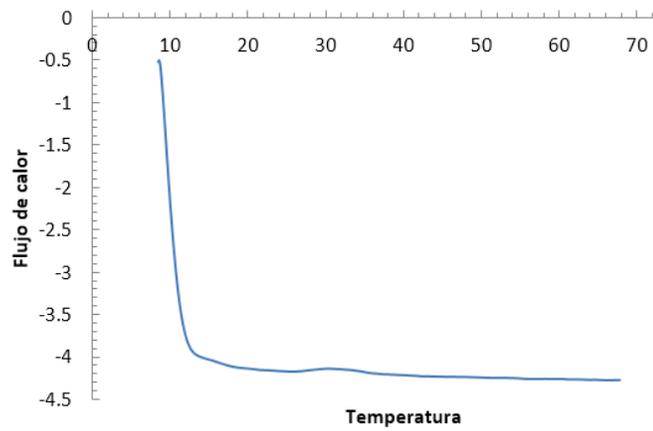


Figura 8. Termograma de grenetina 1.0% 5 mM Na+.

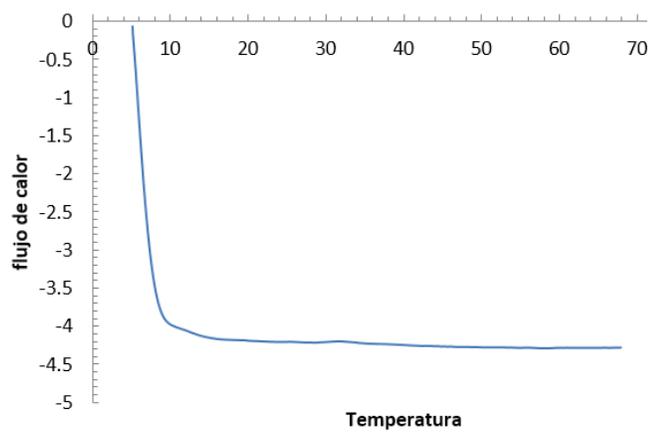


Figura 9. Termograma de grenetina 1.0% 50 mM Na+.

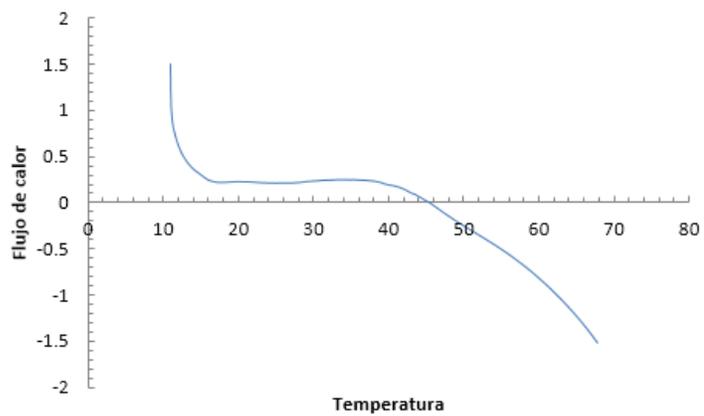


Figura 10. Termograma del biopolímero de chía 0.5% con 0 mM Na+.

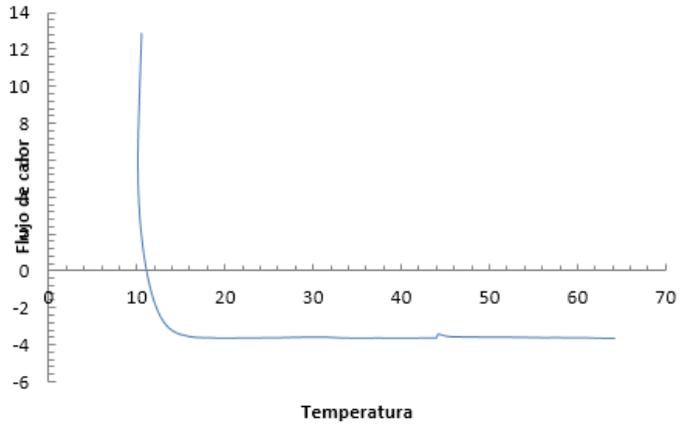


Figura 11. Termograma del biopolímero de chía 0.5% con 5 mM Na+.

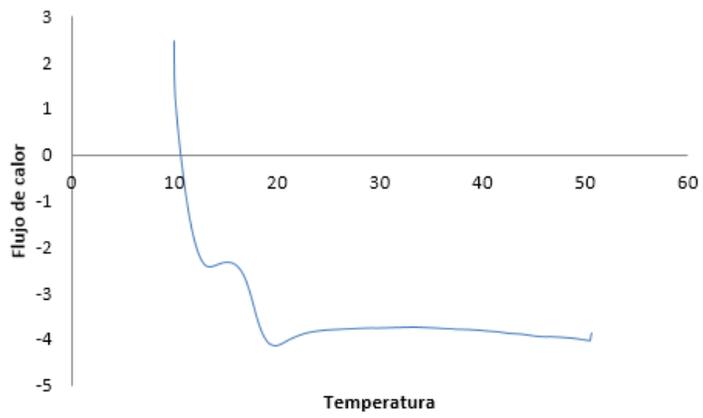


Figura 12. Termograma del biopolímero de chíá 0.5% con 10 mM Na+.

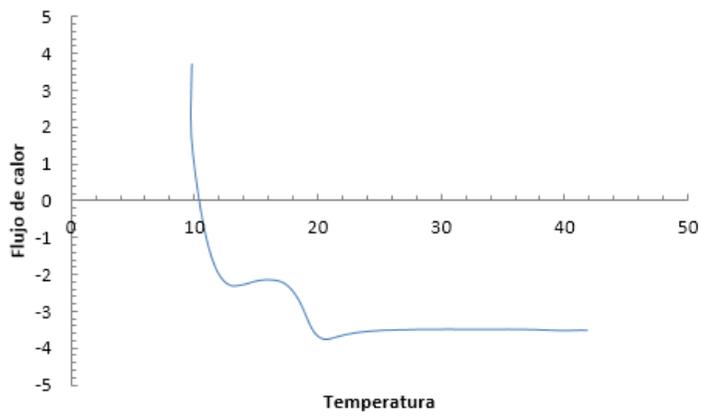


Figura 13. Termograma del biopolímero de chíá 0.5% con 25 mM Na+.

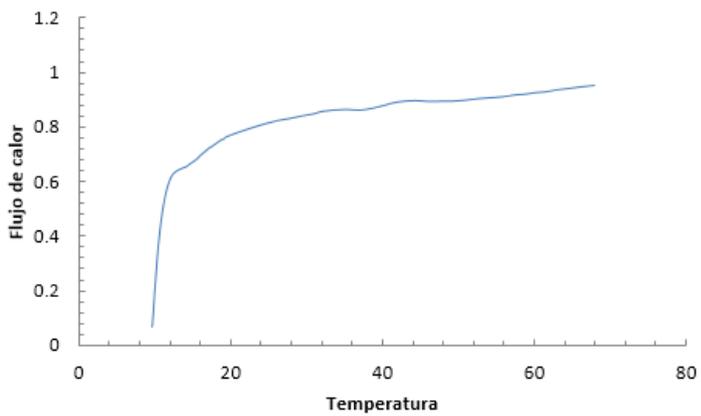


Figura 14. Termograma del biopolímero de chíá 0.5% con 50 mM Na+.

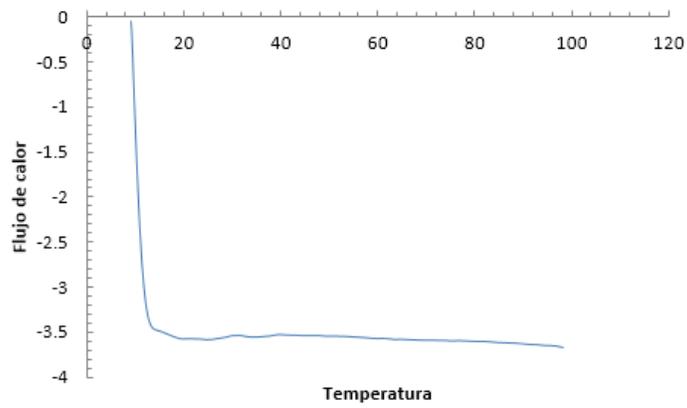


Figura 15. Termograma del biopolímero de chíá 1% con 5 mM Na+.

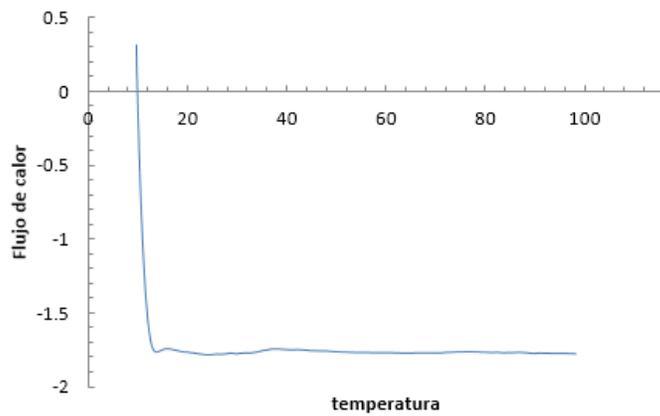


Figura 16. Termograma del biopolímero de chíá 1% con 10 mM Na+.

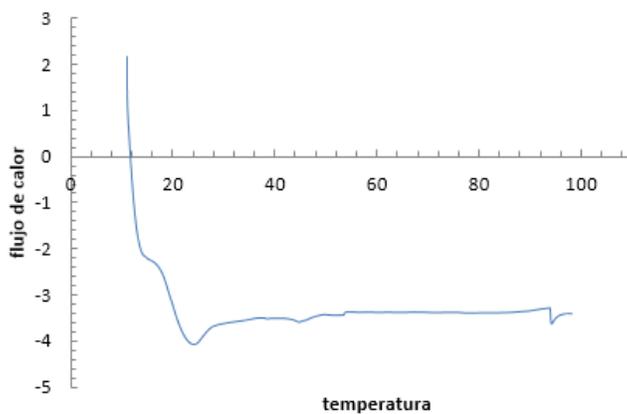


Figura 17. Termograma del biopolímero de chíá 1% con 25 mM Na+.

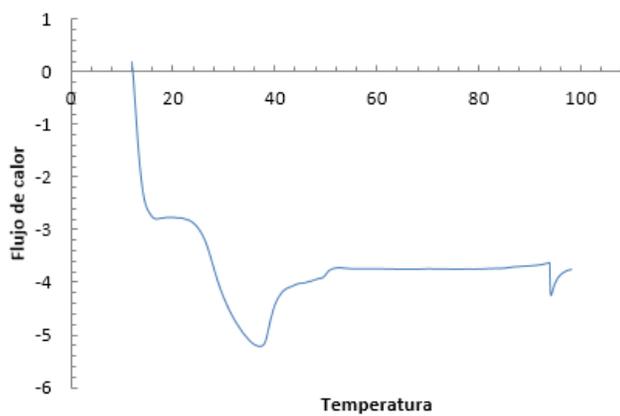


Figura 18. Termograma del biopolímero de chíá 1% con 50 mM Na+.

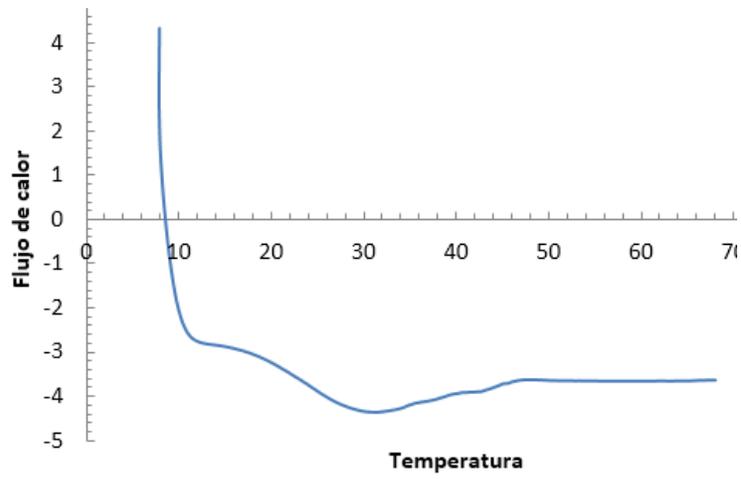


Figura 19. Termograma de mezcla de biopolímero chíá: grenetina, concentración total 1%, 0 mM Na⁺, relación biopolímero: grenetina 25:75.

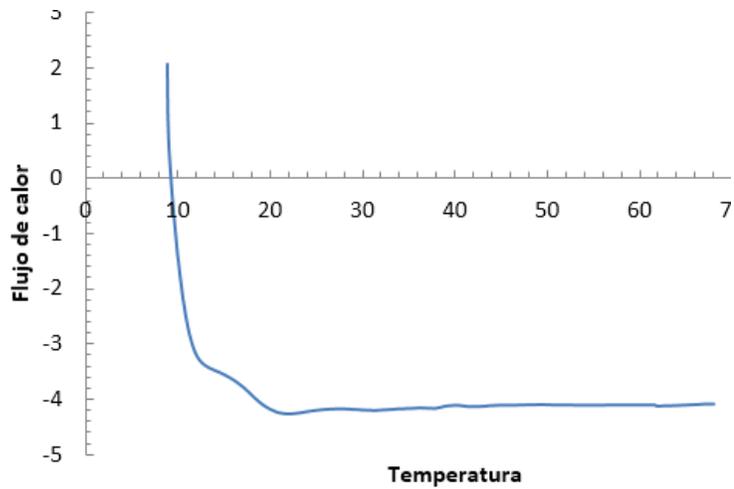


Figura 20. Termograma de mezcla de biopolímero chíá: grenetina, concentración total 1%, 5 mM Na+, relación biopolímero: grenetina 25:75.

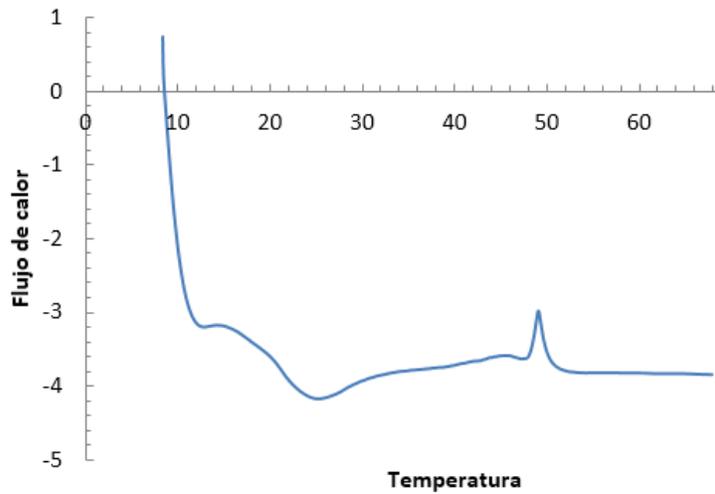


Figura 21. Termograma de mezcla de biopolímero chíá: grenetina, concentración total 1%, 10 mM Na+, relación biopolímero: grenetina 25:75.

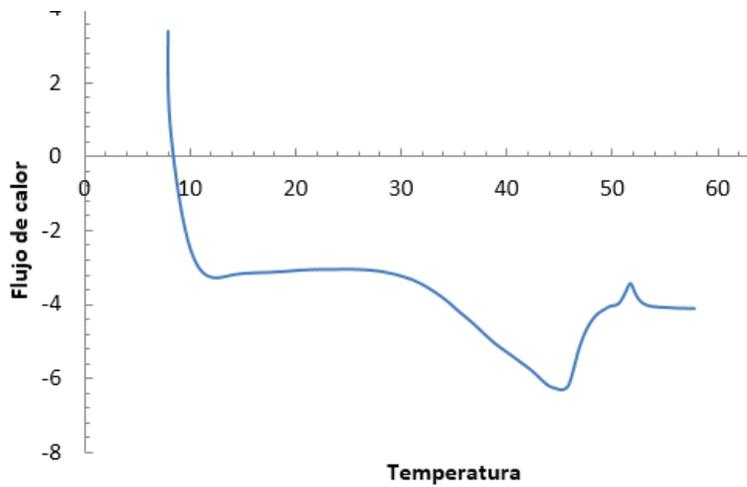


Figura 22. Termograma de mezcla de biopolímero chíá: grenetina, concentración total 1%, 25 mM Na+, relación biopolímero: grenetina 25:75.

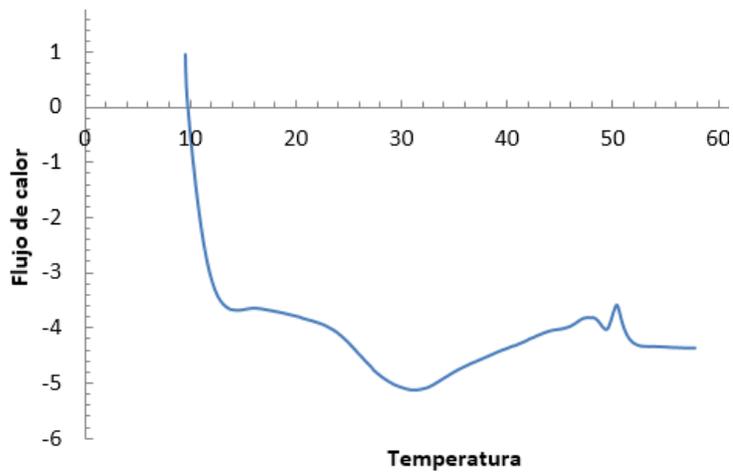


Figura 23. Termograma de mezcla de biopolímero chíá: grenetina, concentración total 1%, 50 mM Na+, relación biopolímero: grenetina 25:75.

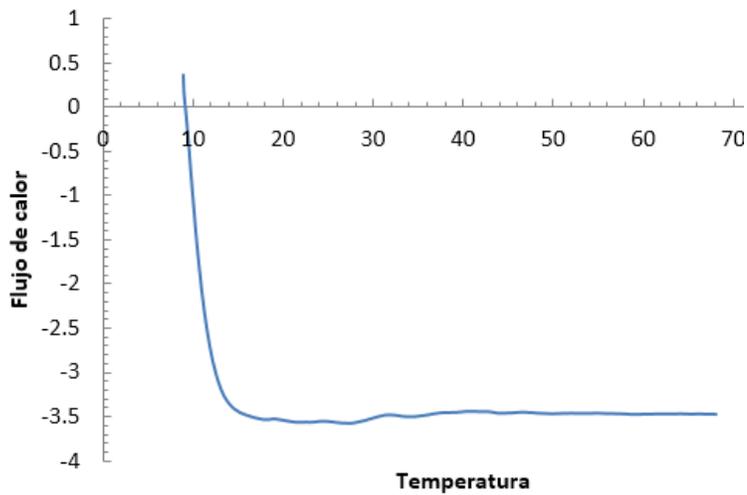


Figura 24. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 0 mM Na+ relación biopolímero: grenetina 50:50.

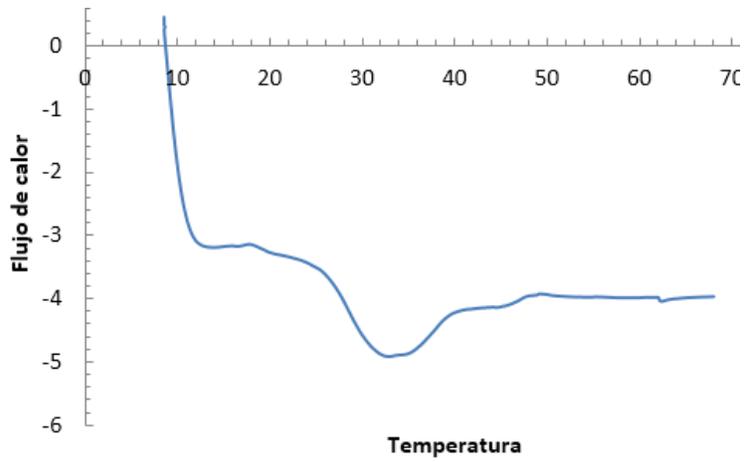


Figura 25. Termograma de mezcla de biopolímero chíá: grenetina, concentración total 1%, 5 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.

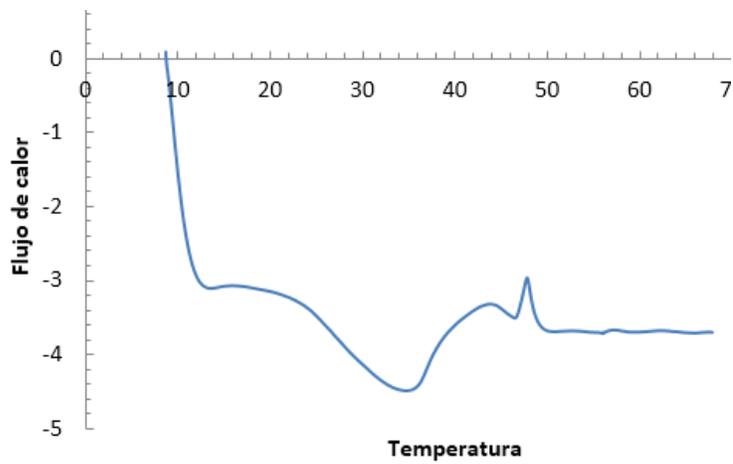


Figura 26. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 10 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.

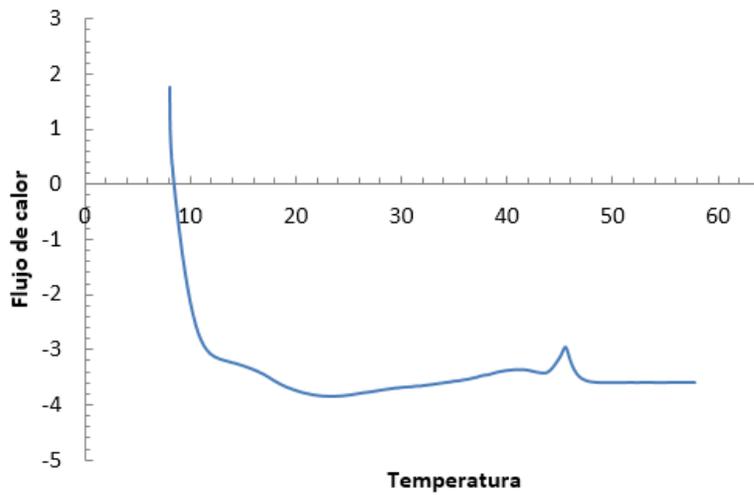


Figura 27. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 25 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.

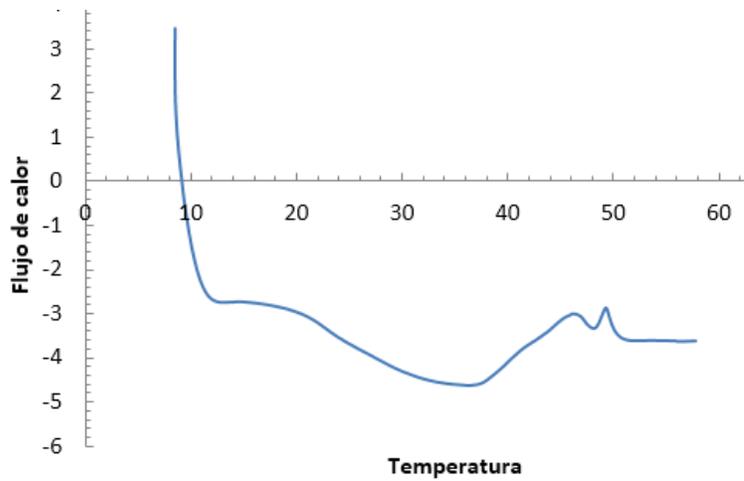


Figura 28. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 50 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 50:50.

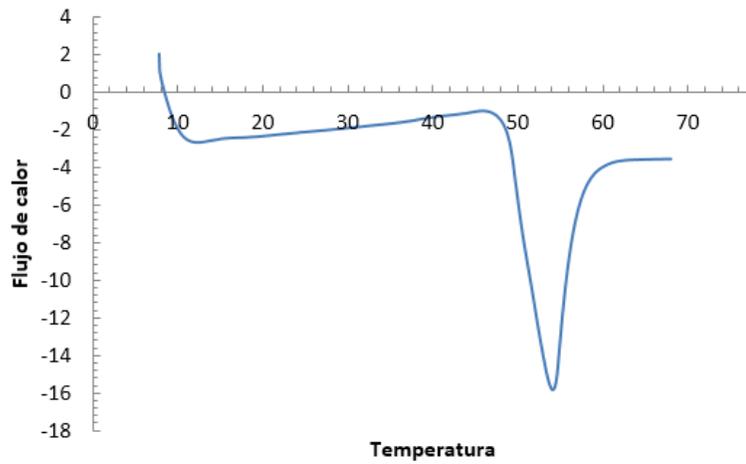


Figura 29. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 0 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 75:25.

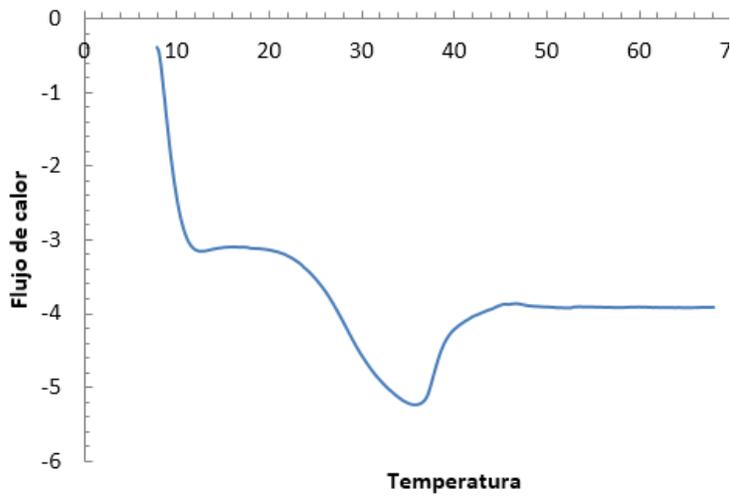


Figura 30. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 5 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 75:25.

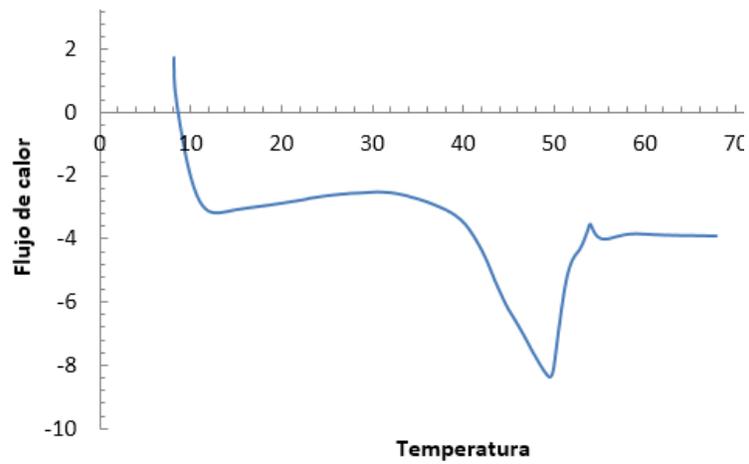


Figura 31. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 10 mM Na+ relación biopolímero:grenetina 75:25.

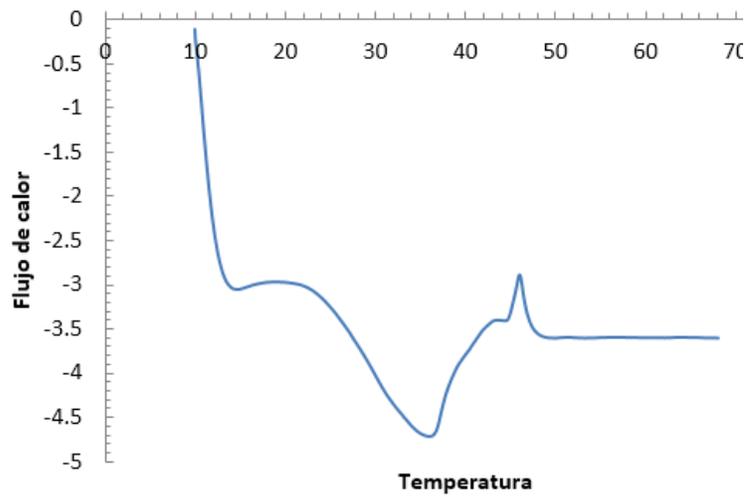


Figura 32. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 25 mM Na⁺ relación biopolímero:grenetina 75:25.

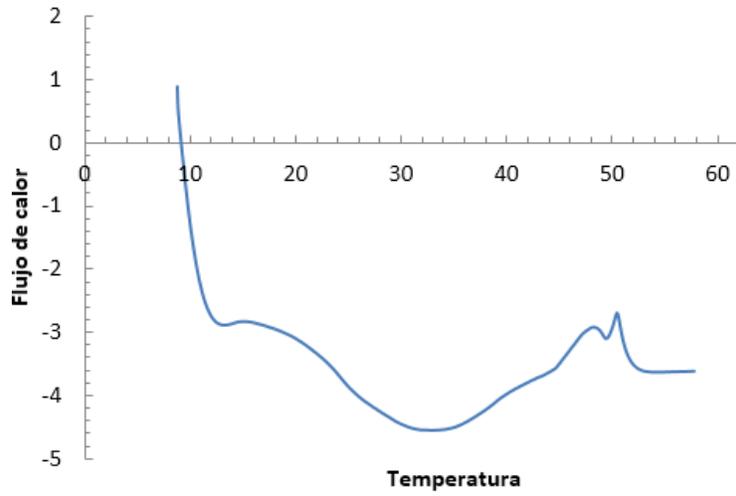


Figura 33. Termograma de mezcla de biopolímero chia:grenetina, concentración total 1%, 50 mM Na⁺ relación biopolímero:grenetina 75:25

8 Conclusión

1. Se realizaron pruebas de calorimetría de barrido diferencial para biopolímero de chía, grenetina y chía: grenetina en el intervalo de concentración de biopolímero total del 1%, y iones Na⁺ (0, 5, 10, 25, 50) y relaciones chia:grenetina, para el caso de las mezclas, de 25:75, 50:50 y 75:25, en el intervalo de temperaturas de 10 a 70 °C.
2. El biopolímero de chía presentó temperatura de transición con una concentración 1% y iones sodio en el intervalo 25 a 50 mM en el intervalo de temperatura de 24 a 38 °C.
3. La grenetina presentó una transición a una concentración de 1% sin iones de 28 °C.
4. Los iones Na⁺ en la grenetina tiene el efecto de inhibir la presencia de temperatura de transición.

5. Las mezclas de biopolímero de chia:grenetina presentan tres zonas de interacción: negativa, positiva y dentro de lo que cabría esperarse de una mezcla.
6. La interacción negativa se presentó dentro del intervalo de temperaturas de 20 a 25 °C.
7. La interacción positiva se presentó en la relación chia:grenetina 75:25 a 0 y 10 mM Na⁺, con una temperatura de 52 y 48 °C.
8. El incremento en la relación chí: grenetina favorece el incremento de la temperatura de transición.
9. El incremento de la temperatura de transición es una medida indirecta de la interacción molecular de la mezcla de biopolímeros.

9 BIBLIOGRAFIA.

- Alabdulkarim, B., & Bakeet, Z. (2012). Role of Some Funtional Lipids in PreventingDiseases and Promoting. *Science*, 12.
- Albella, J., Cintas, A., Miranda, T., & Serratos, J. (1993). *Introduccion a la Ciencia de los Materiales*. España: CSIC.
- Aldana, A. S., Sandoval, E. R., & Quintero, A. F. (1998). Aplicacion del Analisis por Calorimetria Diferencial de Barrido (DSC) para la caracterizacion de las Modificaciones del Almidon. *SciELO*, 72.
- Ara, H. D. (2000). *The scence and practice of pharmacy*. New York: Remington.
- Ayers, R., & Coates, W. (2006). *Chia*. Buenos Aires: The Arizona Board of Regnts.

- Ayerza, R. (2006). *Chia*. Argentina: The Arizona Board of Regents.
- Carranza, M. Z. (1998). *Termodinamica: un Estudio de los Sistemas Termodinamicos*. Sevilla: EGONDI Artes Graficas.
- Cervantes, M. L. (2012). *Diseño y Síntesis de Materiales a Medida Mediante el Metodo SOL-GEL*. Madrid España.: UNED.
- Costa, J. (2005). *Diccionario Fisica Quimica*. España: Diaz de Santos Ediciones.
- Ferrer, J. F., & Carrera, M. P. (1981). *Iniciacion a la Fisica*. Barcelona España.: Reverte, S.A.
- Garibay, M. G., Ramirez, R. Q., & Agustin, L. M. (1993). *Bioteecnologia Alimentaria*. Mexico: Limusa.
- Garibay, M. G., Ramirez, R. Q., & Cortez, A. L. (1993). *Bioteecnologia Alimentaria*. Mexico DF: Limusa.
- Gomez, S. R. (2009). *Analisis Instrumental*. España: Netbjblo.
- Gordon, M. H. (1973). *Cinetica Quimica*. San Magin Barcelona: Barcelona.
- Hernandez, A., F.Tejerina, Arribas, J., Martinez, L., & Martinez, F. (1990). *Microfiltracion, Ultrafiltracion y Osmosis Inversa*. Madrid España: LERKO Print, S.A.
- Hernandez, L. M. (2012). *MUCILAGE FROM CHIA SEEDS (Salvia hispánica): MICROESTRUCTURE, PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION AND APPLICATIONS IN FOOD INDUSTRY*. Chile: Univercidad Catolica.
- Michell, J. S. (1996). *Problemas de Quimica*. New York: W.A. Benjamin, Inc.
- Miranda, F. (2012). *Tecnica para el Manejo de Cultivo de Chia (Salvia Ispanica L.* Nicaragua: SEBACO.
- Navarrete, N. M., Grau, A. A., Boix, A. C., & Maupoey, P. F. (1998). *Termodinamica y Cinetica de Sistemas: Alimento Entorno*. Valencia España.: Publicaciones Valencia.
- Paula, A. D., & Paula, J. D. (2007). *Quimica Fisica*. Madrid España: Medica Panamericana, S.A.
- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2000). *Handbook of hydrocolloids*. England: Woodhead Publishing Limited.

- Picado, A. B., & Álvarez, M. (2000). *Introducción al Estudio de la Materia*. Costa Rica: Universidad Estatal de San Jose.
- R.Cruz-Morfin, Y.Martinez-Tenorio, & A.Lopez-Malo, V. (2013). *Biopolimeros y su integracion con polimeros convencionales como alternativas de empaques en alimentos*. Puebla: Departamento de Ingenieria Quimica, Alimentos y Ambiental Universidad de las Americas Puebla.
- Raimond, B. S., & Charles, E. C. (1995). *Introducción a la Química de los Polimeros*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Redondo, Y. P. (2007). *Simulación de Montecarlo de Sistemas Complejos en Red*. Santiago de Compostela.: Universidad Santiago de Compostela.
- Rivas, B. M. (2006). *Electroscopia Dielectrica in Vitro* . Santiago de Compostela : Universidad Santiago de Compostela.
- Ruiz, S. G., Alonso, M. I., & Quintanilla, D. P. (2009). *Análisis Instrumental* . Oleiros España : Netbiblo.
- Shafuir, R. M., Ghalib, A.-s., Nejib, G., & Aminah, A. (2010). Development of state diagram of bovine gelatin by measuring thermal characteristics using differential scanning calorimetry (DSC) and cooling curve. *ELSEVIER*, 9.
- Tieko, N. R., & Goncalves, L. A. (1999). Determination of Melting Point of Vegetable Oils and Fast by Differential Scanning Calorimetry (DSC) Technique. *CSIC*, 50.
- Vicent, B. M. (1994). *Calorimetry and Thermal Analysis of Polymers*. Viena New York: Hanser.
- Vicente, B. T. (2000). *Tecnología Energetica*. Valencia España.: Reproval, S.L.