



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÁNICA**

**COMPENDIO DE PRÁCTICAS
BIOPOLÍMEROS
CLAVE 0279
Semestre 2027-1.**

Elaborado y revisado por Profesores del Departamento de Química Orgánica:

Cristina del Carmen Jiménez Curiel
Balú Cruz Delgado

**PROGRAMA EXPERIMENTAL BIOPOLÍMEROS.
SEMESTRE 2027-1**

	ACTIVIDAD.	
17 de agosto 2026	INICIO DE SEMESTRE.	
21 de agosto 2026	Sesión 1.	Medidas de seguridad. Reglamentos de laboratorio. Criterios de evaluación. Indicaciones generales.
28 de agosto 2026	Sesión 2.	Taller: Química sustentable y métrica/Técnicas de caracterización.
04 de septiembre 2026	Sesión 3.	PRÁCTICA No. 0. Síntesis de polímeros por radicales libres y por condensación.
11 de septiembre 2026	Sesión 4.	PRÁCTICA No. 1a. Extracción de sucralosa.
18 de septiembre 2026	Sesión 5.	Seminario de RMN
25 de septiembre 2026	Sesión 6.	PRÁCTICA No. 1b. Acetilación de sucralosa.
02 de octubre 2026	Sesión 7.	PRÁCTICA No. 2. Esferas de refresco con alginato de calcio. Esferificación de agar, alginato y grenetina. PRÁCTICA No. 2A. Variación de los parámetros de esferificación.
09 de octubre 2026	Sesión 8.	PRÁCTICA No. 3. Encapsulación de agua.
16 de octubre 2026	Sesión 9.	PRÁCTICA No. 4. Síntesis de un biopolímero a partir de quitosano.
23 de octubre 2026	Sesión 10.	PRÁCTICA No. 5. Síntesis de un bioplástico.
30 de octubre 2026	Sesión 11.	Seminario de RMN.
06 de noviembre 2026	Sesión 12.	PRÁCTICA No. 6. Hidrólisis de almidón.
PRÁCTICAS 7/7a. Aislamiento de colágeno de la pata de res o crystalización de acetato de sodio y cocción de atún. Se elaborará en casa por equipo o individual.		
13 de noviembre 2026	Sesión 13.	PRÁCTICA 8. Hidrólisis del PET
20 de noviembre 2026	Sesión 14	PRÁCTICA 9. Despolimerización de ácido poliláctico.
27 de noviembre 2026	Sesión 15	Examen experimental.
28 de noviembre 2026	FIN DE CURSO	

Inicio del ciclo escolar: **lunes 10 de agosto 2026.**

Fin del curso escolar: **sábado 28 de noviembre 2026.**

Días inhábiles: martes 15 de septiembre 2026 y miércoles 16 de septiembre 2026.

Lunes 2 de noviembre 2026 y lunes 16 de noviembre 2026.

Días para el personal administrativo: 12 de octubre 2026 y aún por confirmar el congreso del STUNAM.

Vacaciones administrativas del 14 de diciembre del 2026 al 01 de enero 2027.

PRÁCTICA No. 0: Síntesis de polímeros por radicales libres y por condensación.

➤ OBJETIVO

- Sintetizar 2 tipos polímeros empleando diferentes métodos de síntesis.

Síntesis del polimetacrilato de metilo.

➤ REACTIVOS

Metacrilato de metilo, glicerol, peróxido de benzoilo, formaldehído, aceite mineral y resorcinol.

➤ MATERIAL

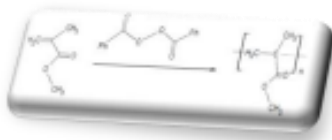
Práctica No. 0. Síntesis de polímeros.

Pipeta de 5 mL	1	Espátula	1
Pinzas de tres dedos con nuez	2	Recipiente de peltre	1
Pipeta de 2 mL en la campana para el metacrilato de metilo	1	Pinzas para tubo de ensayo	1
Pipeta Beral en la campana para el glicerol de 1 mL	1	Pipeta Beral de 1 mL en la campana	1
Vaso de precipitados de 100 mL	1	Termómetro que mida más de 250°C	1
Parrilla de agitación magnética	1	Baño María	1

Síntesis del polimetacrilato de metilo.

Tenga cuidado al llevar a cabo el calentamiento del tubo de ensaye, no lo haga en posición vertical,

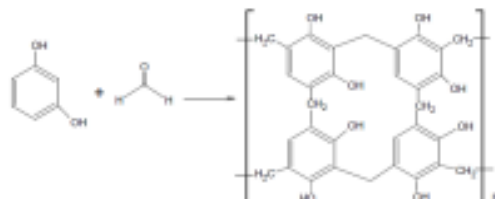
Tenga cuidado al calentar el peróxido de benzoilo porque al desprender dióxido de carbono puede proyectarse la mezcla de reacción.



En un tubo de ensayo coloque **1.5 mL de metacrilato de metilo recién destilado** (nota), **agregue 0.015 g de peróxido de benzoilo** y agite, adicione algunas piedras de ebullición. **Tape el tubo con papel aluminio** que contenga unos orificios y caliente a ebullición utilizando un baño María. Si la mezcla de reacción burbujea violentamente, retírela rápidamente del baño María e introduzca el tubo en un baño de hielo, reanude el calentamiento cuando cese el burbujeo. Caliente hasta que observe la completa solidificación del polímero.

Nota: El monómero debe **destilarse para eliminar el inhibidor** que contiene.

Síntesis de resina resorcinol-formaldehído



Tenga cuidado cuando caliente la mezcla de resorcinol con formaldehído al perderse agua puede proyectarse.

En un tubo de ensayo coloque **0.5 g de resorcinol**, **1.25 mL de disolución acuosa de formaldehído** (37% m/m) y **1 gota de glicerina**, agite y **añada piedras de ebullición**. Tape el tubo con papel aluminio y **caliente en un baño de aceite a una temperatura entre 80-100°C**. Si la **mezcla de reacción burbujea violentamente, retírela del baño de aceite** y espere a que cese el burbujeo antes de volver a introducirla en el baño de aceite. Caliente hasta que el producto solidifique por completo. Deje enfriar el polímero a temperatura ambiente; rompa el tubo de ensayo para recuperar la barra de resina que es de color rojo oscuro, enjuáguela con agua de la llave.

Bibliografía.

1. M.P. Stevens, Polymer Chemistry: an Introduction, 3era. edición, Oxford University Press, New York, 1999.
2. D.L. Pavia, G.M. Lampman, G.S. Kriz y R.G. Engel, Introduction to Organic Laboratory Techniques, 1era edición, Saunders College Publishing, Estados Unidos, 1998.
3. J. McMurry, Química Orgánica, International Thompson Editores, 5a edición, México, 2001

Prácticas 1a y 1b. Extracción de sucralosa, aislamiento, acetilación.

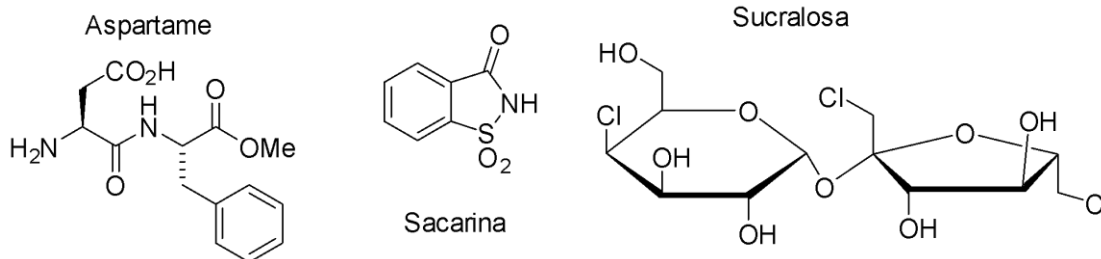
Práctica No. 1a. Extracción de sucralosa.

Objetivos:

1. Aislar la sucralosa de un edulcorante comercial.
2. Acetilar un carbohidrato en las 5 posiciones hidroxilo.
3. Purificar la reacción mediante CC.
4. Utilizar la CCF como método de identificación y de pureza de la CC.
5. Revelar la placa con *p*-anisaldehído.

Introducción:

La sucralosa se puede encontrar en los edulcorantes de mesa comerciales. La sucralosa se sintetizó en 1976 por Tate y Lyle.¹ Fue aprobada por la FDA en 1998. En el año 2017, se informó que fue utilizada por 65,52 millones de estadounidenses. El segundo edulcorante artificial más utilizado, la sacarina, es utilizada por casi la mitad de los estadounidenses con 29,74 millones.² La sacarina fue el primer sustituto del azúcar disponible. Sintetizado en 1885 por Remsen y Fahlberg se usó principalmente durante las Guerras Mundiales antes de estar disponible para los consumidores públicos.^{3A} Un informe de 1970 que vinculaba la sacarina con el cáncer de vejiga hizo que el compuesto se retirara del mercado en los EE. UU.



Los edulcorantes artificiales a base de sucralosa contienen otros dos aditivos junto con el agente edulcorante, dextrosa y maltodextrina. La sucralosa, 4,1', 6'-tridesoxi-4,1', 6'-triclorogalactosucrosa, es un triclorodisacárido y se descubrió a través de un estudio que involucró la derivatización de la sacarosa, donde se descubrió que las sustituciones en ciertas posiciones hidroxilo por un átomo de halógeno aumentaba la dulzura dramáticamente. La sucralosa es 450-650 veces más dulce que sacarosa y, por lo tanto, los edulcorantes de mesa a base de sucralosa contienen sólo una cantidad relativamente pequeña de agente edulcorante en relación con la dextrosa y la maltodextrina.

Se divide en diferentes secciones el experimento, la primera es la extracción de sucralosa de edulcorantes comerciales, utilizando la diferencia de solubilidades de la sucralosa (menos polar) que puede separarse de la dextrosa y la maltodextrina.

La segunda parte consiste en efectuar una reacción de acetilación con la cual los grupos hidroxilo de la sucralosa se acetilan. La conversión de alcoholes en acetatos es muy utilizada en la química de los carbohidratos tanto para proteger los grupos hidroxilo como para las técnicas de caracterización. La acetilación se llevará a cabo utilizando anhídrido acético y piridina (catalizador y disolvente). Posteriormente, se purificará el producto crudo mediante una columna de cromatografía. Finalmente, el producto se caracterizará mediante su punto de fusión y RMN de ^{13}C y ^1H .

Equipo:

Parrilla de calentamiento con agitación magnética	1	Lámpara UV	1
---	---	------------	---

Material:

Embudo de vidrio	1	Espátula	1
Matraz Erlenmeyer de 100 mL	2	Agitador magnético de media pulgada	1
Vidrio de reloj	1	Matraz de fondo plano redondo de 100 mL	1

Reactivos por alumno:

Splenda 10 gramos (10 sobre de 1 g los trae el alumno)	10 g	Acetato de etilo	2 mL
Acetona	98 mL		

Procedimiento experimental:**Extracción de la sucralosa.**

Se transfieren 10 g de sucralosa a un matraz Erlenmeyer de 100 mL, se adicionan 25 mL (3X) de una solución acetato de etilo acetona (2:98 v/v), se agita vigorosamente con un agitador de vidrio por 5 minutos. El sólido se deja precipitar en el fondo del matraz y el líquido se filtra por gravedad, 1. Para que la filtración sea rápida, 2. Para que permanezca la mayor parte del sólido en matraz para las extracciones siguientes de la sucralosa.

La solución se evapora para remover el disolvente quedando en el fondo una película en el fondo del matraz. Una vez que ya se evaporó el disolvente, se adicionan otros 20 mL, de la solución de acetato de etilo y se agita. Para asegurar que se extraigan las últimas trazas de dextrosa y de maltodextrina. Cabe señalar que toda la sucralosa debe quedar disuelta. Los sólidos corresponden a compuestos no deseados que se deben de remover por filtración. El líquido se filtra por gravedad. El filtrado se evapora con rotavapor para dar un producto en forma de jarabe. La masa obtenida se registra y el rendimiento de la reacción, el peso debe de estar entre 100 y 200 mg o el 1% del rendimiento con relación al peso de los sobres. Si el valor es superior de 200 mg o se ve el producto como un sólido blanco quiere decir que el estudiante trabajó incorrectamente las extracciones. Y se deben de repetir los lavados con la solución de acetona/acetato de etilo para eliminar los sólidos no deseados.

Residuos:

D1: Solución de acetato de etilo acetona 2:98.

D2: Papel filtro.

Práctica No. 1b. Acetilación de la sucralosa.

Objetivos:

- Acetilar la sucralosa utilizando piridina y anhídrido acético.

Equipo:

Parrilla de calentamiento con agitación magnética	1	Lámpara UV	1
---	---	------------	---

Material:

Vaso de precipitados de 100 mL	2	Espátula	1
Agitador de vidrio	1	Vidrio de reloj	1
Pinzas de 3 dedos	2	Probeta graduada de 25 mL	1
Matraz de fondo plano de 100 mL	1	Matraz Erlenmeyer de 150 mL	1
Probeta de 10 mL	1	Probeta de 10 mL	1
Espátula	1	Embudo de separación de 50 mL	1
Matraz Erlenmeyer de 50 mL	3	Barra de agitación magnética de media pulgada	1
Matraz de redondo de fondo plano	1	Embudo de vidrio	1
Bomba de recirculación de agua	1	Parrilla de calentamiento con agitación magnética	1
Barra de agitación magnética	1	Embudo de separación de 50 mL	1
Cámara de elución para cromatografía	1	Pinzas para cromatografía	1
Pipeta de 5 mL en la campana para HCl al 10%	1	Pipeta de 1 mL en la campana para la piridina	1
Pipeta de 1 mL en campana para el anhídrido acético	1	Pipeta de 1 mL para el hexano en la campana	1
Pipeta volumétrica de 1 mL para el acetato de etilo	1	Peltre para baño de hielo	1

Reactivos:

Sucralosa obtenida de la sesión anterior	100-200 mg	Piridina	0.5 mL
Anhídrido acético	300 µl	Ácido clorhídrico al 10%	30 mL
Solución saturada de cloruro de sodio	25 mL	Pipeta de 1 mL en la campana para la piridina	
Hexano	1 mL	Acetato de etilo	11 mL
Sulfato de sodio anhidro		Agua destilada	40 mL

La piridina debe de adicionarse en la campana. El ácido clorhídrico es corrosivo y debe de manejarse con cuidado.

Acetilación de la sucralosa:

Al matraz de 50 mL que contiene la sucralosa se le adicionan 0.5 mL de piridina y 300 µl de anhídrido acético glacial, se adiciona una barra de agitación magnética, se tapa para evitar aspirar la piridina. PRECAUCIÓN: La reacción de acetilación es exotérmica y liberará calor. La cantidad de reactivos está en exceso y se considera que obtuvieron

de 100-200 mg de sucralosa de la extracción. La mezcla de reacción se agita a temperatura ambiente por 60 o 75 minutos. Al terminar el tiempo de agitación, se adicionan 10 mL de acetato de etilo y se transfiere a un embudo de separación. La fase orgánica se lava con 30 mL de HCl (10%) 2X, se lava posteriormente con agua destilada 20 mL 2X y posteriormente con 25 mL de solución saturada de NaCl, quizá se puede necesitar más acetato de etilo si no se distinguen las fases. Si se presenta una emulsión se adicionan unos mL de solución saturada de NaCl. La fase orgánica se seca con sulfato de sodio anhidro. Se decanta la fase orgánica y se verifica la pureza del producto mediante una CCF 1:1 hexano:acetato de etilo. Se utiliza para revelar una solución de *p*-anisaldehído:etanol:ácido sulfúrico.

Revelador: En un litro de etanol del 95% se adicionan 50 mL de ácido sulfúrico concentrado, se espera 5 minutos, se adicionan 20 mL de *p*-anisaldehído, seguido de 15 mL de ácido acético glacial. El revelador es elaborado por el profesor.

Para la CCF, el producto crudo se puede tomar directamente de la fase orgánica seca. Se toma una muestra del educorante de partida para la CCF, y se disuelve el sólido en metanol.

Se eluye la placa en hexano/acetato de etilo 1:1. La placa se sumerge en el revelador y se coloca en una parrilla caliente cubierta con aluminio. Sino se pasa por encima de la parrilla caliente. Se evapora el acetato de etilo en el rotavapor.

Se guarda el producto para la siguiente clase. Se pesa la siguiente sesión.

Purificación y caracterización:

El producto crudo se pesa y se registra el peso. Se calcula el rendimiento teórico a partir de la cantidad de sucralosa extraída.

Se purifica el producto por CC, usando hexano/AcOEt 2:1 como fase móvil.

Se utiliza sílica gel para colocar la muestra en la columna, se utiliza para eluir hexano, acetato de etilo 2:1 altura 9 cm. El compuesto sale en los primeros 9 a 20 mL de recolección. Se colectan fracciones de 2 mL. Se colectan las alícuotas en 10 viales. Se juntan las fracciones con el producto puro. Ya que se evaporaron la mezcla de hexano: acetate, se adiciona al sólido 3 mL de hexano para que cristalice el producto, después de introducirlo en un baño de hielo. Se puede inducir la cristalización. Ya que recrystalizó se evapora el producto en el rotavapor. O se filtra a vacío. Se obtiene el producto y se caracteriza por RMN de ^{13}C y ^1H .

Residuos:

D1: Acetato de etilo.

D2: HCl (10%), piridina, trazas de sucralosa sin acetilar.

D3: Agua destilada con trazas de piridina.

D4: Solución acuosa de cloruro de sodio con trazas de ácido clorhídrico.

D5: Sulfato de sodio anhidro.

D5: Eluyente hexano:acetato de etilo 1:1.

D6: Placas de cromatografía.

D7: Capilares.

D8: Papel filtro.

Bibliografía:

1. (a) Hough, L.; Phadnis, S.P. Enhancement in the Sweetness of Sucrose. *Nature*. 1976, 263 (5580), 800. (b) Hough, L. The Sweeter Side of Chemistry. *Chem. Soc. Rev.* 1985, 14, 357-374.

2. U.S. Population: Which Brands of Sugar Substitutes Do You Use Most Often? <https://www.statista.com/statistics/278629/us-households-mostused-brands-of-sugar-substitutes/.html> (Feb 2019).
3. (a) Fahlberg, C.; Remsen, I. Ueber die Oxydation des Orthotoluolysulfamids. Ber. Dtsch. Chem. Ges. 1879, 12 (1), 469-473. (b) Walter, G.J.; Mitchell, M. L. Alternative Sweeteners.; Marcel Dekker: New York, NY, 1986; pp 15-41.
4. Bryan, G.T.; Erktürk, E.; Yoshida, O. Production of Urinary Bladder Carcinomas in Mice by Sodium Saccharin. Science. 1970, 168 (3936), 1238-1240.
5. Ager, D.J.; Pantaleone, D.P.; Henderson, S.A.; Katritzky, A.R.; Prakash, I.; Walters, D.E. Commercial, Synthetic Nonnutritive Sweeteners. Angew. Chem. Int. Ed. 1998, 37 (13-14), 1802-1817.

PRACTICA No. 2. ESFERIFICACIÓN DE AGAR, ALGINATO Y GRENETINA.

L'haute cuisine (alta cocina) es un arte que nace en las cocinas francesas y describe un estilo de cocinar. El origen de la alta cocina francesa data del siglo XVII en las cocinas de la aristocracia extendiéndose durante el siglo XVIII a las cocinas de los hogares ricos en la primera mitad del siglo y a los restaurantes parisinos durante la segunda mitad del siglo XVIII. Durante la Revolución Francesa se intensificó este estilo de cocinar al verse incrementado el número de restaurantes y en la actualidad los restaurantes de alta cocina se encuentran en todo el mundo. Tanto la ciencia como el arte están involucrados en las técnicas modernas que se utilizan para cocinar.

La esferificación es una técnica culinaria moderna muy utilizada en la gastronomía moderna y en la coctelería molecular que transforma los alimentos líquidos en esferas mediante de una reacción química de gelificación. El término esterificación fue patentado por Peschard en 1946. Al verter una solución de azúcar y alginato aromatizada en un baño de sal de calciosoluble, el alginato de calcio formó una capa instantáneamente por difusión lenta del calcio entre las partículas de alginato logrando la reticulación del alginato con el calcio e induciendo una gelificación interna.

La adaptación culinaria de este proceso fue realizada por Ferrán Adrià y su equipo culinario de “elBulli” alrededor de 2003. Desde entonces, los procesos de esferificación se han utilizado en las cocinas de los restaurantes de todo el mundo para crear esferas pequeñas de caviar o caviar falso o esferas grandes llamadas “raviolis”.

El proceso de esferificación es posible gracias a algunos aditivos, como es el caso del alginato de sodio y el cloruro de calcio, que consiguen mantener el líquido dentro de una especie de membrana de gel comestible. Los iones de calcio reemplazan a los iones de sodio y se forman enlaces cruzados (reticulación) entre las moléculas de alginato, creando un gel sólido que es térmicamente irreversible, quedando un centro líquido rodeado por una capa de gel. Al avanzar la reacción, el centro también se convierte en un gel sólido. La reacción requiere un ion de calcio libre para 2 moléculas de alginato y da 2 moléculas de cloruro de sodio para cada reacción, por ello es necesario lavar las esferas antes de consumirlas. Al comer la esfera formada, se logra un efecto de explosión de líquido en la boca.

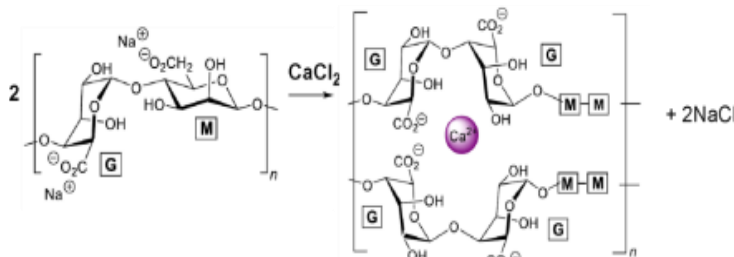


Figura 1.

Reacción entre el alginato de sodio y el cloruro de calcio.

Existen dos métodos principales: directo e inverso. Según el alimento

utilizado y el tipo de esfera que se quiera obtener, se utiliza una variante u otra. Normalmente, los productos utilizados son el cloruro de calcio (CaCl_2) y el alginato de sodio ($\text{NaC}_6\text{H}_7\text{O}_6$). El alginato sódico es un polisacárido que se obtiene por extracción a partir de algas marinas.

Para la esferificación directa suelen llevarse a cabo los siguientes pasos: 1. El líquido de interés y el alginato de sodio se mezclan en una proporción de 5 g/L y se enfrían en refrigerador.

2. Se prepara una solución acuosa de cloruro de calcio a una concentración de 5 g/L en otro recipiente.

3. La mezcla de alginato se añade lentamente (con una jeringa u otro utensilio) sobre el baño de calcio y las esferas obtenidas se enfrían en el refrigerador y se enjuagan las esferas obtenidas.

Objetivo:

Aplicar conceptos químicos en experiencias cotidianas de alta cocina.

Material	Sustancias
1 agitador de vidrio.	75 mL de Coca Cola (la traen los alumnos)
1 coladera. (la trae la profesora)	0.75 g de alginato de sodio en 20 mL de agua.
2 vasos de precipitados de 250 mL.	1 g de cloruro de calcio en 250 mL de agua.
1 jeringa de 5 mL. (la trae el alumno)	1 probeta de 25 mL
1 espátula	1 cucharita de plástico (la trae el alumno)
1 vidrio de reloj	

PROCEDIMIENTO 1.

1. En un recipiente de plástico pequeño se encuentran 0.75 g de alginato de sodio disueltos en 20 mL de agua.

2. Con el agitador de vidrio quitar el gas a 75 mL de Coca-Cola.

3. Adicionar a la Coca-Cola sin gas el alginato disuelto en agua y mezclar. 4. Por otra parte, disolver 1 g de cloruro de calcio en 250 mL de agua muy fría en el vaso de precipitados.

5. Llenar una jeringa con la solución de alginato de sodio + Coca-Cola. 6. Gotear la solución de alginato de sodio + Coca-Cola sobre la solución de cloruro de calcio.

7. Dejar las gotas 3 minutos en la solución de cloruro de calcio, hasta se transformen en esferas.

8. Con ayuda de la coladera lavar las esferas con el agua embotellada restante para eliminar el exceso de cloruro de calcio y el NaCl que se forma durante la reacción. 9. Transferir las esferas al vaso

de papel desechable.

10. Lleva contigo las esferas de alginato al terminar el experimento.

PROCEDIMIENTO 2.

200 mL del vino de su preferencia, 30 g de azúcar y 4 g de agar agar. En una olla se vierte el vino (blanco o tinto o rosa) en una olla, se vierte la azúcar y el agar agar con ayuda de un globo metálico se mezcla todo en frío muy bien. Posteriormente, Se calienta la mezcla a ebullición 20 segundos. Aún caliente se toma la mezcla con una jeringa de plástico grande 50. 20 o 10 mL, se retira el aire. Si se desea formar el caviar fino se utiliza una jeringa. Es importante que continúe caliente. Por otro lado en otro recipiente se coloca aceite frío que estuvo al menos 30 minutos en el refrigerador. No se tendrá un centro líquido. Se cuelean los caviars. En otro recipiente se coloca agua para poder eliminar el aceite. Se sumerge varias veces el caviar en agua para eliminar el aceite. Se puede secar con una sanita o un trapo. Se obtiene el caviar de agar agar.

RESIDUOS.

NO APLICA.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tan, L. L., Ang, K. L., & Loo, S. C. J. (2023). Alginate encapsulation improves probiotics survival in carbonated sodas and beers. *Plos one*, 18(3), e0283745.
2. <https://www.tiktok.com/@chefcepeda/video/7411315664712961285>

PRÁCTICA No. 2A. VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ESFERIFICACIÓN.

OBJETIVO

Modificar el pH, realizar la realización de la esferificación con agua,

colorantes vegetales y la fuente de calcio.

Material	Sustancias
1 agitador de vidrio.	Agua de beber (la traen los alumnos) 1.5 L
1 coladera. (la trae la profesora)	0.75 g de alginato de sodio en 20 mL de agua.
2 vasos de precipitados de 250 mL.	Lactato de calcio
1 espátula	1 jeringa de 5 mL.(la trae el alumno)
1 vidrio de reloj	1 probeta de 25 mL
1 cucharita de plástico (la trae el alumno)	

PROCEDIMIENTO

El alumno seleccionará un parámetro para modificar y observará y analizará cómo afecta dicho parámetro en la obtención de las esferas de alginato de calcio. Conforme a lo leído en el artículo del J. CHEM. EDU: Corcoran, E. R., Lydon, C., Enright, M. C., Buenaflor, J. P., Anderson, K., & Wissinger, J. E. (2021). Thirst for a solution: Alginate biopolymer experiments for the middle and high school classroom. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 1021-1025.

RESIDUOS

NO APLICA.

BIBLIOGRAFIA

➤ Thirst for a solution: Alginate biopolymer experiments for the middle and high school classroom. *Journal of Chemical Education*, 99(2), 1021-1025.

PRÁCTICA No. 3. ENCAPSULACIÓN DE AGUA EN UN BIOPOLÍMERO.

➤ OBJETIVO

- Encapsular agua en un biopolímero.

PROCEDIMIENTO

Adicionar a 500 mL de agua adicionar 5 g de CaCl_2 . Disolver.

Por otra parte, colocar 20 g de azúcar con 1 gramo de alginato de sodio.

100 mL de una bebida hidratante transparente. Adicionar la mezcla de azúcar a los 100 mL de bebida transparente y agregar y agitar hasta que se disuelva bien. Se utilizará una cuchara de helado se llenará de la mezcla la cuchara de helado y se sumerge en el recipiente que contiene el cloruro de sodio pasado unos minutos accionar el mecanismo de la cuchara de helado para cortar. Pasado un minuto se saca la cuchara se deja la gota en el recipiente. Sacar con las manos limpias la gota del recipiente, y enjuagar con agua para eliminar los restos de cloruro de calcio.

RESIDUOS

NO APLICA.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rhim, J. W. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT-Food science and technology*, 37(3), 323-330.
2. Comaposada, J., Gou, P., Marcos, B., & Arnau, J. (2015). Physical properties of sodium alginate solutions and edible wet calcium alginate coatings. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 212-219.
3. Wang, Y., & Lu, Y. (2023). Sodium alginate-based functional materials toward sustainable applications: water treatment and energy storage. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 62(29), 11279-11304.

PRACTICA 4. SÍNTESIS DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE QUITOSANO.

➤ OBJETIVOS ACADÉMICOS

1. Sintetizar una imina derivada del quitosano como ejemplo de un biopolímero.
2. Utilizar un reactor de microondas para síntesis como un método alternativo de energía para la síntesis de una imina o base de Schiff.
3. Comparar el uso de las microondas como método de síntesis alternativo vs el calentamiento convencional.

➤ PROBLEMA.

¿Por qué se ha buscado como alternativa el uso de biopolímeros como materiales? ¿Qué diferencias existen entre los polímeros, los biopolímeros y los copolímeros? ¿Las propiedades de los biopolímeros son similares a las de los polímeros?

➤ REACTIVOS.

Quitosano.	Acetona
Ácido acético glacial.	Etanol (EtOH)
Benzaldehído.	<i>p</i> -anisaldehído.
4-nitrobenzaldehído.	

➤ EQUIPO.

Balanza analítica	Microondas para síntesis o baño de ultrasonido.
-------------------	---

➤ MATERIAL POR EQUIPO.

Matraz redondo de fondo plano de 10 mL	1	Pinzas de 3 dedos con nuez	3
Refrigerante	1	Barra de agitación magnética	1
Condensador de aire	1	Matraz Kitasato	1
Embudo de vidrio con vidrio sinterizado pequeño	1	Pipeta graduada de 1 mL	2
Pipeta graduada de 5 mL	1	Vidrio de reloj	1
Espátula	1	Pipeta Pasteur	1
Recipiente para baño de hielo	1		

➤ DESARROLLO EXPERIMENTAL

En un matraz redondo de fondo plano de 10 mL se colocan **1 mmol del aldehído, 1 mmol del quitosano y 1 mL de etanol**, adicionar **2.5 mL de ácido acético glacial al 10%**. Adicionar una barra de agitación magnética, se coloca un refrigerante en posición de reflujo y la mezcla se irradia en el reactor de **microondas para síntesis a 100°C, potencia de 100W, durante 15 minutos o se calienta a 60 grados en el baño de ultrasonido**. Una vez terminada la reacción dejar enfriar. Precipitar el producto lavando con acetona para eliminar el aldehído que no reaccionó e introducir en baño de hielo. El producto se aísla por medio de una filtración al vacío, se deja secar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Haque, J., Srivastava, V., Chauhan, D. S., Lgaz, H., & Quraishi, M. A. (2018). Microwave-induced synthesis of chitosan Schiff bases and their application as novel and green corrosion inhibitors: experimental and theoretical approach. *ACS omega*, 3(5), 5654-5668.
2. Abdelwahab, H. E., Hassan, S. Y., Yacout, G. A., Mostafa, M. A., & El Sadek, M. M. (2015). Synthesis and biological evaluation of new imine-and amino-chitosan derivatives. *Polymers*, 7(12), 2690-2700.

ANEXO

1. Generalidades de biopolímeros.
2. Generalidades de biopolímeros.
3. Fundamentos de iminas.
4. Fundamento del calentamiento con microondas.
5. Fundamento del calentamiento convencional.

II.- Cuestionario

- ¿Qué es el quitosano?
- En caso de que el laboratorio no pudiera proporcionar el quitosano, de dónde y cómo podría extraerlo.
- ¿Qué ventajas encuentra al realizar la síntesis de las iminas empleando quitosano vs la síntesis de iminas convencionales?
- Proponga otro método alternativo de síntesis diferente al convencional que podría utilizar para sintetizar las iminas y que sea sustentable.

III. Disposición de residuos.



Síntesis de un biopolímero.



Aldehído + quitosano + Etanol + Solución al 10% de ácido acético glacial

1. Irradiar a 100°C a 100 W por 15 minutos.
2. Dejar enfriar.
3. Adicionar acetona para precipitar el producto.
4. Filtrar al vacío

Filtrado

Sólido

Acetona + solución de ácido acético + trazas de aldehído

Imina

D1

D1: Enviar a incineración.

Práctica No. 5. Síntesis de un bioplástico.

Objetivo:

1. Síntesis de un bioplástico.

➤ EQUIPO.

Balanza analítica

Parrilla de calentamiento con agitación magnética

Material:

Vaso de precipitados de 150 mL	1	Parrilla de calentamiento con agitación magnética	1
--------------------------------	---	---	---

Probeta de 10 mL	1	Peltre	1
Vidrio de reloj	1	Espátula	1
Embudo de vidrio con vidrio sinterizado pequeño	1	Agitador de vidrio	1
Pipeta graduada de 1 mL (en la campana para glicerol)	1	Pipeta graduada de 1 mL (en la campana para vinagre))	1

Parte I: Preparación de las muestras de bioplástico

1. En un **vaso de precipitados de 150 mL**, añadir lo siguiente
 - a) 10 mL de agua destilada.
 - b) 1.5 g de almidón o de maicena.
 - c) Aditivo: 0.5-1.5 g de glicerol o azúcar (pueden utilizarse varios aditivos siempre que la masa total de los aditivos no supere los 1.5 gramos)
 - d) 1 mL de vinagre blanco luego se neutraliza con base verificando con papel tornasol.
2. Agitar la mezcla continuamente mientras se calienta lentamente en una parrilla caliente. Llevar la mezcla a ebullición suave. La mezcla empezará siendo de color blanco y cambiará a transparente o translúcida. También se espesará. Una vez que el color blanco inicial del almidón haya desaparecido por completo y la mezcla se haya espesado, retírela del fuego si se sobrecalienta. El tiempo total de calentamiento es de aproximadamente **10-15 minutos**.
3. Se puede añadir **UNA gota de colorante** alimentario en esta fase si se desea.
4. Vierta la muestra lentamente en un plato de pesaje etiquetado. Trate de eliminar los grumos con una varilla de vidrio.
5. Deje secar todas las muestras en la mesa del laboratorio durante el fin de semana o varios días hasta que estén completamente secas.

Parte II: Prueba de resistencia a la tracción

Por lo general, sólo se realizará un ensayo por muestra, así que realice el ensayo con cuidado.

1. Despegue con cuidado la película de plástico del plato de secado sin que se rompa. Algunas muestras pueden ser más difíciles de retirar, así que trabaja despacio y con cuidado. Anota en observaciones cualitativas, como el color, el tamaño, la textura, la flexibilidad y la facilidad de del plato.
2. Crea una plantilla en forma de hueso de perro.
3. Examina la película de plástico y busca la zona más libre de defectos, como pequeños desgarros, crestas, burbujas de aire, curvas, etc. burbujas de aire, curvas, etc. Recorta una porción de la muestra utilizando la plantilla.
4. Mide el grosor y la anchura de la muestra en el centro del hueso de perro. Anótalo en una tabla.

Residuos parte:

D1 Enviar a incineración.

Bibliografía:

1. Appelqvist, I. A., & Debet, M. R. (1997). Starch-biopolymer interactions—a review. *Food Reviews International*, 13(2), 163-224.
2. Agarwal, S. (2021). Major factors affecting the characteristics of starch based biopolymer films. *European Polymer Journal*, 160, 110788.
3. Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer—Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*, 318, 111223.

Práctica No. 6. Hidrólisis del almidón.

Objetivo:

- Llevar a cabo la síntesis del almidón.

Equipo:

Parrilla de agitación con calentamiento	
---	--

Reactivos:

NaOH 10%	Ácido clorhídrico concentrado.
Almidón	Solución yodo-yodurada o de yodopovidona.
Almidón	Agua

Reactivo de Benedict	
----------------------	--

Material:

Tubos de ensaye	8	Espátula	1
Gradilla	1	Pinzas para tubo de ensaye	1
Baño María	1	Vaso de precipitados de 400 mL	1
Probeta graduada de 25 mL	1	Matraz Erlenmeyer de 125 mL	1
Pinzas de tres dedos con nuez	1	Pipeta graduada de 1 mL	1
Barra de agitación magnética	1	Pipeta Pasteur	1

Procedimiento:

Colocar 0.6 g de almidón o de maicena en un matraz Erlenmeyer de 125 mL una barra de agitación magnética adicione 5 mL de agua a temperatura ambiente y posteriormente 40 mL de agua hirviendo. Una vez que el almidón se haya disuelto dejar que la solución llegue a temperatura ambiente.

Coloque en un tubo de ensayo 2 gotas de solución de yodo y adicione 0.5 mL de la disolución de almidón y observe. Coloque el tubo de ensayo en un baño de hielo.

En otro tubo de ensayo coloque 3 gotas de la disolución de almidón y 1 mL de reactivo de Benedict (observe).

Los tubos de ensayo corresponden al tiempo cero.

Adicione ahora al resto de la solución de almidón 1 mL de HCl concentrado y colóquelo en un baño de agua durante 30 minutos. Tome cada 10 min una muestra de 0.5 mL de la disolución de almidón y efectúe la prueba con la solución de yodo y con la disolución de Benedict (deberá de neutralizar la solución con hidróxido de sodio 10% antes de realizar la prueba de Benedict) y colocar en baño de hielo unos minutos porque el complejo almidón-yodo es soluble en caliente.

Registre las observaciones de las dos pruebas cada 10, 20 y 30 minutos y la temperatura del baño de agua.

Disposición de residuos:

D1: Mezcla de reacción + CuO + trazas de HCl. Llevar la disolución a pH de 10 y filtrar el complejo de cobre para enviar a confinamiento. La disolución resultante se puede neutralizar y desechar neutra.

D2: Mezcla de reacción + yodo. Reducir con disolución de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) hasta la desaparición del color. Confirmar el pH neutro desechar al drenaje.

Bibliografía:

1. Elzagheid, M. I. (2018). Laboratory activities to introduce carbohydrates qualitative analysis to college students. *World Journal of Chemical Education*, 6(2), 82-86.
2. Anusi, M. O., Oyoh, K. B., Okoli, F. C., Nkuzinna, O., & Njoku, C. N. (2018). Kinetic study of the fermentation of Cassava Whey. *Am J Eng Res*, 7(4), 37-44.

**Práctica No. 7. Aislamiento de colágeno de la Pata de res.
OBTENCIÓN DE COLÁGENO (de consumo humano)
A PARTIR DE RES/BOVINO**

Objetivo:

1. Aislar el colágeno de la pata de res.

MATERIALES

- 1 pata de res cortada en 4 o máximo 6 partes
- Agua pura para consumo
- Olla grande con tapa (6 litros al menos)
- Cuchillo mediano para cortar carne
- Cuchara de café
- Refractario

- Molde de plástico o depósito plástico con tapa
- Papel aluminio

PREPARACIÓN

Lavado:

Se retira la médula del hueso, con ayuda del cuchillo y de la cuchara.

Se retira la parte grasa que excede de la pata.

Directa en el chorro de agua se lava perfectamente cada parte de la pata.

NO USAR NINGUNA SUSTANCIA EN EL LAVADO; solamente el chorro de agua.

Preparación del colágeno natural de consumo humano:

Se colocan las partes de la pata totalmente limpias en la olla.

Se añade agua hasta que cubra en su totalidad las partes de la pata, incluso dos o tres centímetros arriba de ellas; se tapa la olla.

Se deja hervir a fuego medio por un lapso de 4 a 6 horas; hasta que esté completamente cocida la carne.

Se deja enfriar a temperatura ambiente.

Se separa la carne en un refractario; se tapa con papel aluminio y se deja en el refrigerador por un lapso de 24 a 48 horas.

El líquido de la olla se cuela y se coloca en un recipiente plástico o molde; limpio con tapa.

Se refrigera por un lapso de 24 a 48 horas y se desmolda. Se podrá observar el colágeno separado de la grasa animal restante; se separan con la ayuda de un cuchillo y se deja el colágeno natural en refrigeración. La grasa podrá usarse para preparación de alimentos.

Residuos:

No aplica.

Bibliografía:

1. Kodous, M. F. S. A. (2020). Physicochemical properties of hydrolyzed collagen produced from chicken feet. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 9(1), 81-89.
2. Potti, R. B., & Fahad, M. O. (2017). Extraction and characterization of collagen from broiler chicken feet (*Gallus gallus domesticus*)-biomolecules from poultry waste. *J. Pure Appl. Microbiol*, 11, 315-322.
3. Salim, N. V., Madhan, B., Glattauer, V., & Ramshaw, J. A. (2024). Comprehensive review on collagen extraction from food by-products and waste as a value-added material. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134374.

PRÁCTICA 7A. CRISTALIZACIÓN DE ACETATO DE SODIO Y COCCIÓN DE ATÚN.

OBJETIVO

- Cocer un atún mediante una reacción exotérmica.

MATERIALES

Acetato de sodio	200 g	Atún	Un filete delgado
------------------	-------	------	-------------------

Agua	200 mL	Vaso de precipitados	400 mL
Parrilla de calentamiento		Plástico para emplayar	

PROCEDIMIENTO

Pesar 200 g de acetato de sodio y disolver en 200 mL de agua, se agita y se reducir a 200 mL calentando a ebullición (Cocción propuesta por Ángel León, restaurante español en A poniente). El calentamiento es para sobresaturar la solución de acetato. Introducir en el refrigerador durante 12 horas, cubriendo la solución con papel para emplayar para cubrir alimentos.

Colocar en un plato o tabla el atún y se ponen unos cristales de acetato de sodio en el atún, no golpear el recipiente que tiene la solución para que no se formen los cristales en la solución. Se vierte la solución en el atún y se formará una costra del acetato y se llevará a cabo una reacción exotérmica que permitirá la cocción del atún.

REFERENCIA

<https://www.youtube.com/shorts/5xn3KN-8PRM>

PRACTICA No. 8. HIDRÓLISIS DE PET.

OBJETIVOS

- Efectuar una reacción de hidrólisis básica sobre un poliéster.
- Obtener ácido tereftálico a partir del polietilentereftalato de envases (PET).

MATERIAL

Matraz de bola de fondo plano de 50 mL	1	Matraz Erlenmeyer de 50 mL	1
Refrigerante con mangueras	1	Parrilla de agitación magnética con calentamiento	1

Probeta graduada de 10 mL	1	Bomba de recirculación de agua sumergible	1
Embudo de vidrio	1	Espátula	1
Vaso de precipitados de 100 mL	1	Pinza de 3 dedos con nuez	2
Embudo Büchner con alargadera	1	Matraz Kitasato con manguera	1
Agitador de vidrio	1	Pipeta graduada de 5 mL	1
Barra de agitación magnética de media pulgada 1	1	Cámara de elución	1
Pinzas para cromatografía	1	Recipiente de peltre	1
Recipiente para baño de hielo de plástico	1		

MATERIAL

Disolución de hidróxido de sodio al 40% 8 mL	Acetato de etilo 9 mL
Ácido clorhídrico concentrado 5 mL	Metanol 1 mL
Etanol 1 mL	PET 1 g

Coloque aproximadamente 1.0 g. de PET de botella transparente de Coca-Cola, finamente cortado (nota 1), en un matraz bola fondo plano de 50 mL, adicione 8.0 ml de disolución de hidróxido de sodio al 40% m/v y una barra magnética. Caliente a reflujo con agitación magnética la mezcla de reacción durante aproximadamente 50 minutos. Una vez transcurrido el tiempo de reacción, filtre la mezcla por gravedad en caliente y lave los residuos sólidos con un poco de agua destilada caliente. Deje enfriar el filtrado a temperatura ambiente. Agregue gota a gota y con agitación, ácido clorhídrico concentrado hasta un pH = 1. Evapore el exceso de agua de la disolución mediante calentamiento a ebullición, hasta reducir el volumen a unos 5 mL. Enfríe en baño de hielo para promover la máxima precipitación del producto. Filtre el sólido al vacío y lávelo con agua helada. Deje secar el producto y péselo (nota 2). Para verificar la identidad del producto y determinar su pureza, lleve a cabo una cromatografía en capa fina comparativa con un estándar de ácido tereftálico. Utilice como eluyente una mezcla de acetato de etilo:metanol 90:10, y revele con luz UV. Considerando que por cada unidad repetitiva del polietiléntereftalato se debe obtener un mol de ácido tereftálico y que la masa de la unidad repetitiva es de 192 g, calcule el rendimiento de la reacción con la siguiente ecuación:

Rendimiento = $\frac{\text{moles obtenidas de ácido tereftálico}}{\text{No. de unidades repetitivas del PET utilizado}} \times 100$.

Notas: 1) Si es posible, cortar el PET en cuadros de aproximadamente 5 mm² o menos.
2) El ácido tereftálico sublima a 400 °C

BIBLIOGRAFÍA

1. Solorzano Maldonado Katia "Manual de prácticas de Química Orgánica II 1412" 2020-1. UNAM, México.
2. D. Kaufman, "New Compounds from Old Plastics: Recycling PET Plastics via Depolymerization", *J.Chem. Ed.*, 76, 1999.
3. A.N. Cammidge, "An Undergraduate Experiment in Polyester (PET) Synthesis", *J.Chem. Ed.*, 76, 1999.
4. Ch. Manas y K.R. Salil, *Plastics Technology Handbook*, 3a. edición, 1998
5. L.G. Wade, *Química Orgánica*, 5a edición, Pearson Educación S.A., Madrid, 2004.
6. F.A. Carey, *Química Orgánica*, 6a edición, Mcgraw-Hill Interamericana, México, 2006.
7. W.H. Brown, *Introducción a la Química Orgánica*, Compañía Editorial Continental, México, 2002.

PRACTICA No. 9. DESPOLIMERIZACIÓN DE ÁCIDO POLILÁCTICO.

OBJETIVOS

- Efectuar una reacción de hidrólisis básica de ácido poliláctico.

PROCEDIMIENTO EXTRAIDO DE LA REFERENCIA 1

En un matraz redondo de fondo plano se coloca una determinada cantidad de hidróxido de sodio se disuelva en un volumen específico de etanol al 50% y se agita hasta que se observe una solución homogénea. La solución se calienta a reflujo durante 1 hora. Posteriormente, la mezcla de reacción se deja enfriar en un recipiente de peltre que contenga hielo, se adicionan 10 mL de agua destilada y se agita la solución por 15 minutos. Los fragmentos de plástico que no reaccionaron se filtran con la ayuda de un embudo de vidrio. Se guarda el filtrado para posteriormente acidular utilizando un peltre con baño de hielo porque la reacción es exotérmica. Ajuste el pH a 3.8. Se precipitará el sólido que se deberá de filtrar al vacío. El sólido se deja

secar durante 7 días.

BIBLIOGRAFÍA

1. Attallah, O. A., Palkova, V., & Vij, R. (2025). Single step depolymerization of multiple polyesters in poly (lactic acid) mixed plastics: Process optimization, pure monomers extraction and kinetics evaluation. *Journal of Polymers and the Environment*, 33(4), 1897-1915.