



necesarios, los catalizadores que se pueden emplear en esta reacción. ¿Qué precauciones deben tomar los trabajadores en una planta de acrilamida?

8. ¿Es la anterior una reacción de adición de Michael? ¿Por qué? En caso de que así sea, ¿cuál es el agente nucleofílico? y ¿cuál es la especie electrofílica?
9. Proponer la reacción de polimerización de la acrilamida. ¿Qué tipo de polímero es la poliacrilamida?
10. Investigar la reacción de Maillard. ¿Qué relación hay entre la formación de acrilamida a partir de asparagina en la cocción de alimentos y la preparación de cajeta?, ¿es posible encontrar acrilamida en estos productos lácteos? Justificar la respuesta.
11. ¿Por qué crees que siendo más soluble en agua, las disoluciones de acrilamida en disolventes orgánicos se consideran más peligrosas para la salud?
12. ¿Qué es la D_{50} ? ¿Qué diferencias puede haber entre estudios realizados en ratones con los verdaderos efectos sobre seres humanos?
13. ¿Qué es un agente neurotóxico? ¿Qué otros agentes neurotóxicos existen? ¿Podría usarse la acrilamida como arma química efectiva? Para justificar esta respuesta puedes consultar el artículo y la guía del Número 38 de *¿Cómo ves?*
14. Los "cristales mágicos" (hidrogeles) que venden en las tiendas de jardinería para adornar macetas con geles de colores en lugar de suelo, son a base de poliacrilamida. ¿Qué precauciones debería tomar una madre de familia que utiliza estos productos para adornar su casa? ¿Por qué?
15. ¿Cuál éster se formará con la reacción de la acrilamida y el alcohol n-propílico? Anotar la reacción con las fórmulas desarrolladas. Investigar las condiciones de reacción y si es necesaria la presencia de catalizadores para que se lleve a cabo.

Actividad

El hidrogel que contienen los pañales desechables se llama poliácido de sodio. El algodón de los pañales naturales es también un polímero absorbente, pero no tiene la capacidad de absorción de agua de los hidrogeles derivados de los grupos acrílicos. ¿Cómo podrías (experimentalmente) demostrar cuántas veces es el poliácido de sodio más absorbente que el algodón? Diseña un experimento, coméntalo con tu maestra y, si está de acuerdo con el material y procedimiento, inclúyelo registrando y analizando adecuadamente todos los datos.



IV. Bibliografía

Kirk-Othmer, *Enciclopedia de tecnología química*, Limusa Noriega Editores, México, 1998.
Allinger. et.al., *Química orgánica*, Editorial Reverté, España, 1979.
Catalá, R.M.-ANIQ, "Plásticos en tu vida", Unidad didáctica para la enseñanza de la Química en la escuela secundaria, SEP-ANIQ, México, 2001.

Esperamos sus comentarios y sugerencias, que pueden hacer con atención a: Rosa María Catalá, al teléfono 56227297, fax 54 24 01 38, correo electrónico comoves@universum.unam.mx

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



(No. 56, p. 14)

Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, de modo que se adapte a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

Esta guía pueden utilizarla principalmente los maestros de química orgánica, aunque también podría tener interés para las clases de biología o de ciencias de la salud, ya que algunos de los temas que se abordan están relacionados con aspectos de sus programas.

II. Un ejercicio de química orgánica y general

Debido a que en el artículo de referencia quedan muy claros los aspectos bioquímicos y éticos derivados del uso y consumo involuntario de este compuesto, en esta ocasión la guía se dedicará a los conocimientos de química que se derivan del estudio de esta sustancia, que, como especifica el autor, es de gran importancia para la industria y la investigación, además de representar un muy

buen ejemplo para hablar de amidas y sus reacciones en el salón de clases. Dado este enfoque, la guía propone un ejercicio (que también puede usarse como examen) para que los alumnos lo resuelvan en equipo. Resulta indispensable que los maestros lo resuelvan antes que lo alumnos para decidir cuáles de las preguntas son pertinentes para ellos y si el nivel (en el que deliberadamente no se piden mecanismos de reacción) es adecuado o debe ajustarse.

a. Acrilamida, propiedades y reacciones

La acrilamida, $H_2C=CHCONH_2$ es el miembro más importante y de estructura más simple de la serie de las amidas acrílicas y metacrílicas. Es muy soluble en agua (215.5g/100mL) y poco soluble en disolventes orgánicos como alcohol, acetona e hidrocarburos. Su calor de polimerización es de -82.8kJ/mol, y su densidad de 1.122g/cm³ a 30°C. Tiene, como todas las amidas, dos centros reactivos: el grupo amida lleva a cabo las reacciones características de una amida alifática y presenta además propiedades débilmente ácidas y básicas.

Obtención industrial y en el laboratorio (no biotecnológica)

La obtención de acrilamida se basa en la hidratación del acrilonitrilo, el cual tiene bajo costo y amplia disponibilidad. Hasta hace poco, la hidratación se hacía casi exclusivamente con

ácido sulfúrico monohidratado. El acrilonitrilo debe mezclarse lentamente con el ácido y el agua ya que la reacción es muy exotérmica (-130KJ/mol). Las proporciones de los reactivos deben controlarse estrictamente y utilizarse



inhibidores, como cobre o sales de cobre, para suprimir las reacciones colaterales. La etapa más costosa y difícil es la recuperación de la acrilamida de la mezcla de reacción. Otros procesos no comerciales (de laboratorio a pequeña escala) son la reacción de cloruro de acrilóilo y el anhídrido acrílico con amoníaco.

Reactividad

En presencia de ácido sulfúrico se forma el sulfato de acrilamida, mismo que en presencia de alcoholes forma ésteres del tipo $\text{CH}_2=\text{CHCOOR}$. Se hidroliza rápidamente para formar el ión acrilato y puede deshidratarse por procesos convencionales para formar acrilonitrilo ($\text{CH}_2\text{CHC}=\text{N}$).

El doble enlace de la acrilamida es deficiente de electrones y produce reacciones de adición tipo Michael, muchas de las cuales son reversibles. En general, mientras mayor sea el carácter

nucleofílico de la especie que ataca, más rápida será la reacción. Los compuestos que incluyen un grupo hidroxilo, como alcoholes y fenoles, reaccionan rápidamente con la acrilamida en presencia de una base para formar los éteres correspondientes $\text{ROCH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$.

Polimerización

La acrilamida es única por su capacidad de producir polímeros lineales de alto peso molecular que presentan enlaces de hidrógeno fuertes. Los homopolímeros de la acrilamida tienen un carácter iónico muy bajo y utilidad limitada. Son más útiles los derivados aniónicos y catiónicos a partir de copolímeros con ácido acrílico, entre otros. La poliacrilamida sólida es un polímero vítreo, duro. Es higroscópica y la velocidad de absorción de humedad aumenta al incrementarse el carácter iónico del derivado. La viscosidad de la poliacrilamida en agua aumenta notablemente con el peso molecular y disminuye al incrementarse la temperatura.

El proceso de fabricación industrial de poliacrilamida más común es la polimerización por radicales libres en disolución acuosa. Otras técnicas no comerciales para la obtención de los polímeros a partir de disoluciones acuosas de acrilamida son la exposición al calor, la radiación de alta energía como las ondas ultrasónicas, o radiación ultravioleta, y el uso de catalizadores.

Factores sanitarios

La acrilamida y sus principales derivados son moderadamente tóxicos en dosis únicas; por ingestión, por inhalación de vapor, polvo o aerosol y por absorción cutánea. La mayoría de los casos graves de exposición del ser humano provienen del contacto dérmico masivo y repetido. Las disoluciones de acrilamida en disolventes orgánicos se consideran más peligrosas que las disoluciones

Toxicidad de la acrilamida y sus derivados

Monómero	Especie	Dosis oral única DL ₅₀ g/kg	Irritante ocular	Irritante cutáneo	Neurotóxico
acrilamida	ratón	0.17	moderado	moderado	sí
N-metiloacrilamida	ratón	0.42	transitorio	débil	sí
N,N'-etilenbisacrilamida	rata	0.39	-	ninguna	no
acrilamida diacetona	rata	2-5	ninguna	ninguna	-
acrilamida acuosa 50%	varias	0.490-0.565	moderado	leve	sí

acuosas. Los signos de envenenamiento con acrilamida son eritema y descamación de las manos, adormecimiento, mareo y, en casos graves, ataxia (que deteriora la capacidad de sujeción de objetos con las manos y de tenerse en pie). La acrilamida es una neurotoxina, contrariamente a la poliacrilamida, que presenta una toxicidad muy baja (véase tabla).

La exposición máxima para el manejo industrial de acrilamida se limita a 0.05 mg/kg al día y la población en general no debe estar expuesta a una dosis mayor de 0.0005 mg/kg al día.

disolventes orgánicos? ¿Por qué esta molécula presenta propiedades ácido-base?

- La reacción de polimerización de la acrilamida, ¿es exo o endotérmica? ¿Cómo lo sabes?
- Escribe la fórmula desarrollada de las moléculas orgánicas mencionadas en el artículo o la guía y destaca los grupos funcionales que las caracterizan.
- Proponer la reacción de hidratación de acrilonitrilo para la obtención de acrilamida. Anotar la fórmula y el nombre de los reactivos y productos, el medio de reacción y, si son

b. Preguntas derivadas del artículo y de la guía

- ¿Qué es una amida alifática?
- ¿Cuál es el nombre IUPAC de la acrilamida? ¿Cuál es su fórmula desarrollada?
- ¿Qué grupos funcionales orgánicos aparecen en la estructura de la acrilamida? ¿Cómo es el ión acrilato? ¿A qué estructura corresponde el radical "acril" o acriló?
- De acuerdo con su estructura y los grupos funcionales que presenta, ¿por qué crees que la acrilamida es más soluble en agua que en

