



Salud Pública de México

ISSN: 0036-3634

spm@insp.mx

Instituto Nacional de Salud Pública
México

Spivey, Angela

Cuestión de grados. Para fomentar nuestra comprensión de la acrilamida
Salud Pública de México, vol. 52, núm. 4, julio-agosto, 2010, pp. 365-372

Instituto Nacional de Salud Pública
Cuernavaca, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10617416013>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

 redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Cuestión de grados

Para fomentar nuestra comprensión de la acrilamida

Hasta hace aproximadamente una década, se conocía la acrilamida únicamente como un componente del humo del cigarrillo y de productos tales como los plásticos y sustancias químicas para el tratamiento de las aguas. Pero en el año 2002 científicos suecos se sorprendieron al encontrar esta neurotoxina y probable carcinógeno humano en muchos alimentos procesados por calor, en especial en los que contienen almidón, como las papas fritas, las galletas saladas y las papas a la francesa. Desde entonces una gran cantidad de investigaciones han dado como resultado consejos generales sobre cómo reducir la formación de acrilamida y otras toxinas alimenticias generadas por el calor en la cocina doméstica y unas cuantas recomendaciones para alimentarse de manera más saludable. Ahora, en el año 2010, algunos nuevos estudios sobre la acrilamida están ofreciendo una imagen más clara del grado de exposición a esta

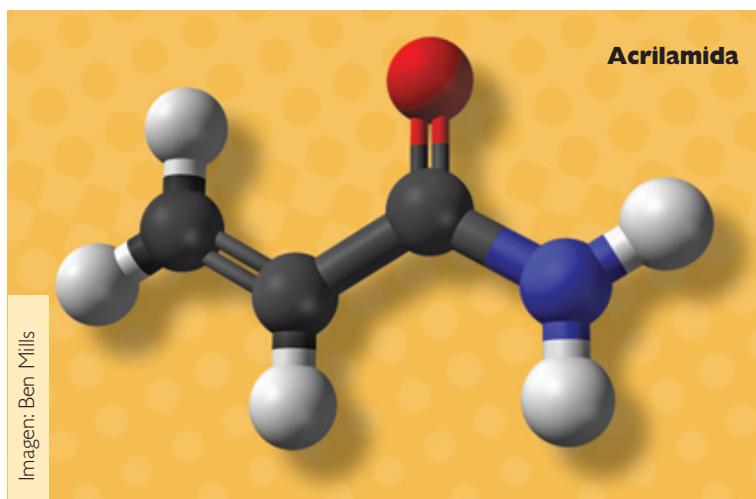
sustancia química en Estados Unidos. Estos estudios también plantean otras preguntas sobre cuáles son las diferencias metabólicas que vuelven más peligrosa la exposición en ciertos grupos poblacionales, que incluyen a los niños y las personas obesas.

Una nueva mirada a la acrilamida

La acrilamida es una entre cientos de sustancias químicas conocidas como productos de la reacción de Maillard (PRM), las cuales se forman cuando los alimentos se calientan a temperaturas elevadas. En la reacción de Maillard –el proceso químico que hace que los alimentos se doren al cocerse–, los azúcares, incluyendo la glucosa, la fructosa y la lactosa, reaccionan con los aminoácidos libres que hay en los alimentos. Con frecuencia son los PRM los que dan a los alimentos sus colores, aromas y sabores apetitosos.

Entre otras toxinas alimenticias conocidas generadas por calor se incluyen las nitrosaminas, carcinógenos que se forman en las carnes y quesos conservados con nitritos, y se incrementan al freírse; las aminas heterocíclicas, carcinógenos que se forman en la carne bien cocida, frita o asada a las brasas, y el furano y su derivado, hidroxilmetilfurfural, PRM que se encuentran en muchos alimentos y que son toxinas hepáticas y potenciales carcinógenos. Una familia de sustancias químicas relacionada, conocida como los productos finales de glicación avanzada (en inglés, AGE) se crea cuando la acrilamida y otros PRM se ligan a proteínas en los alimentos, alterándolas en forma permanente. También se forman AGE en el cuerpo, si bien en concentraciones más bajas.

Se sabe que la acrilamida forma aductos de ADN que potencialmente dan lugar a mutaciones del mismo, por lo que es comprensible que la gente se haya visto alarmada cuando se encontró este compuesto en los alimentos. En 2004, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de Estados Unidos anunció un plan de acción para la acrilamida en los alimentos que incluía la investigación de las exposiciones en la población de EU, más estudios de los efectos carcinogénicos y neurotóxicos en animales, y estudios epidemiológicos para encontrar posibles asociaciones entre el consumo de acrilamida y el cáncer. En otra iniciativa, investigadores de 14 países, la mayoría de ellos europeos, unieron sus esfuerzos en un proyecto de investigación llamado HEATOX (Toxinas alimenticias generadas por calor: Identificación, caracterización y minimización de



riesgos). Este proyecto examinó la toxicidad de los alimentos inducida por el calor como un problema de cohesión, con énfasis particular en la acrilamida. Cuando el proyecto llegó a su fin en 2007, se habían identificado 50 posibles carcinógenos generados por el calor en los alimentos y se habían recopilado bases de datos de las probabilidades de toxicidad de los compuestos químicos formados durante la cocción. Según el folleto definitivo del proyecto, la recomendación más importante para los cocineros domésticos era evitar la sobrecocción (páginas 367-372).

El primer estudio a gran escala sobre la exposición a la acrilamida, publicado por Hubert Vesper, jefe del Laboratorio de Indicadores Pro-

teínicos de los Centros de Control y Prevención de Enfermedades, en el número de febrero de 2001 de *EHP*, describe la exposición extendida en la población general. A diferencia de otros estudios anteriores, éste utilizó una amplia muestra representativa: 7 166 participantes en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (en inglés, NHANES) en los años 2003-2004. Los investigadores calcularon la exposición diaria a la acrilamida con base en los niveles de aductos de hemoglobina en la sangre producidos por ella. Los niveles medios de exposición reportados por Vesper y sus colegas –0.8 µg/kg/día– son similares a los que otros investigadores habían reportado antes en estudios más pequeños.

Estos niveles son muy inferiores a los 200 µg/kg de peso corporal, en los cuales no se encontraron efectos neurotóxicos observables en seres humanos. Sin embargo, el estudio de Vesper sugiere que se requiere de más trabajo para determinar los factores que afectan a la conversión de la acrilamida en su metabolito glicidamida, especialmente debido a que varios estudios indican que la glicidamida es responsable de los efectos genotóxicos y mutagénicos de la acrilamida. Los resultados de los bioensayos para la acrilamida y la glicidamida presentados en julio de 2009 en la reunión anual de la Sociedad de Mutagénesis Ambiental del Reino Unido también apoyan enfáticamente la existencia de un efecto



Imagen: Veer

Si bien los niveles de acrilamida que consume la gente son inferiores a los que utilizamos en nuestro estudio (con roedores), nos preocupa que con el tiempo puedan volverse acumulativos y causar daños.

—Burhan Ghanayem

Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental (NIEHS)

Reducción de las toxinas alimenticias generadas por el calor



Imagen: Shutterstock

No se deje engañar por el nombre: los camotes, que en inglés se llaman "papas dulces", son relativamente bajos en azúcar.

Uno de los productos finales del proyecto de investigación HEATOX fue un folleto en el que se detallaban algunos consejos generales que los gobiernos pueden dar a los consumidores para reducir la formación de acrilamida y otras toxinas alimenticias generadas por el calor en la cocina doméstica. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de EU también ofrece algunos consejos a aquellos consumidores que desean reducir la formación de acrilamida en los alimentos:

- Cuando fría o ase papas, utilice variedades bajas en azúcar.
- Fríalos alimentos a temperaturas entre 145 y 170°C (293–338°F).
- Cuando fríalas papas a la francesa, que queden de color amarillo dorado, no café dorado.
- Tueste el pan sólo hasta que su color sea el más ligero aceptable.
- Remoje las rebanadas de papa cruda en agua de 15 a 30 minutos antes de freírlas o asarlas.
- No almacene las papas crudas en el refrigerador

mutagénico del segundo compuesto. Estos ensayos fueron conducidos por el Centro Nacional de Investigaciones Toxicológicas de la FDA como parte del plan de acción contra la acrilamida de esa dependencia.

Un estudio publicado en enero de 2010 en la revista *Biology of Reproduction*, en el que el científico Burhan Ghanayem y colaboradores del NIEHS encontraron un incremento en los efectos reproductivos de la acrilamida en ratones obesos comparados con ratones flacos, puede estar indicando un incremento del metabolismo de la acrilamida a glicidamida. “Cuando sometimos a animales obesos a una prueba de desafío con acrilamida, comparándolos con animales flacos, y los cruzamos con hembras normales, la fertilidad disminuyó en un nivel mayor en los machos obesos”, dice Ghanayem. “Asimismo, la mutación masculina dominante provocada por la acrilamida fue mayor y más drástica en aquellos embarazos que fueron producidos por los machos obesos.

Nuestra hipótesis es que se formó más glicidamida en los animales obesos.”

Actualmente el laboratorio de Ghanayem está realizando otros estudios que comparan el metabolismo de la acridamida en animales obesos y en animales flacos. “Si bien los niveles de acrilamida que consume la gente son inferiores a los que utilizamos en nuestro estudio, nos preocupa que con el tiempo puedan volverse acumulativos y causar daños”, apunta.

Diferencias en la metabolización de la acrilamida

Otro elemento de la ciencia de la acrilamida que cabría analizar cuidadosamente es la cuestión de cómo metabolizan el compuesto los niños en comparación con los adultos. Se ha demostrado antes que los niños consumen una cantidad mayor de alimentos en relación con su masa corporal que los adultos. Algunos

investigadores (como Lorelei Mucci, de la Escuela de Salud Pública de Harvard, y K. M. Wilson, quienes escribieron en el número de agosto de 2008 de la *Journal of Agricultural and Food Chemistry*) han sugerido que esto se aplica particularmente a alimentos del agrado de los niños (y ricos en acrilamida) tales como las papas fritas y las papas a la francesa.

En el estudio de Vesper, los niños de 3 a 11 años de edad tenían niveles más elevados de bioindicadores de acrilamida que los adultos, especialmente que los adultos mayores. “Los niños también parecen tener un metabolismo ligeramente diferente; producen más de esta glicidamida tóxica que los adultos mayores”, dice Vesper. “Necesitamos investigar más el significado de esto en función del riesgo para la salud, a fin de averiguar si los niveles más elevados que vemos en los niños son realmente importantes.”

Otra gran pregunta que aún queda por responder es la relación

entre la ingesta de acrilamida en los alimentos y los niveles reales de esta sustancia química en el cuerpo, señala Vesper. Además de la dieta, entre las formas de exposición que pueden afectar los niveles de aductos de acrilamida se incluyen fumar cigarrillos, las exposiciones ocupacionales y –como lo demostró por primera vez el estudio de Vesper publicado en *EHP*– el humo de tabaco de segunda mano. Los niveles de los aductos encontrados en este estudio podrían haber sido provocados por cualquiera de estas formas de exposición, no sólo por la acrilamida derivada de la dieta.

Los estudios que combinan las medidas de niveles de aductos con cuestionarios sobre los alimentos pueden ser de utilidad, dice Vesper, pero ninguno de los cuestionarios actualmente existentes está diseñado para evaluar específicamente la exposición a la acrilamida. “La acrilamida en los alimentos depende en gran medida del modo como se preparan, y normalmente la preparación de éstos no forma parte de los cuestionarios sobre la alimentación. Usualmente se hacen preguntas tales como: “¿Come usted papas a

la francesa?”, pero no preguntan, por ejemplo: “¿Le gustan muy doradas?”, explica.

Vesper y colaboradores reportaron en el número de abril de 2009 de *Cancer Causes and Control* que únicamente había una correlación moderada entre la ingesta de acrilamida evaluada mediante un cuestionario de frecuencia alimentaria y los niveles de aductos de hemoglobina y acrilamida. Vesper está trabajando con investigadores de la Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer en la realización de otros estudios que examinan la correlación entre la ingesta de alimentos y los bioindicadores de exposición a la acrilamida, así como estudios de las diferencias en el metabolismo de la acrilamida asociadas con polimorfismos de genes específicos.

En gran medida, los estudios epidemiológicos publicados en los años 2008 y 2009 no han encontrado asociación entre la exposición a la acrilamida y los cánceres de colon, recto, riñón, vejiga o mama. Un estudio de Henrik Frandsen y colaboradores, del Instituto Nacional de Alimentos de Dinamarca, publicado en el número de mayo de 2008 de la

International Journal of Cancer, demostró una asociación positiva entre los niveles más elevados de aductos de hemoglobina y acrilamida y el riesgo de cáncer de mama en las mujeres postmenopáusicas. Pero, como escribieron Mucci y sus colegas en un editorial en el número de la *Journal of the National Cancer Institute* del 6 de mayo de 2009, la asociación fue estadísticamente significativa únicamente en los fumadores, que se considera tienen una exposición mucho mayor a la acrilamida por fumar que por la dieta que consumen. En estudios anteriores no se había encontrado una asociación entre el cáncer de mama y la exposición a la acrilamida medida por medio de cuestionarios de frecuencia alimentaria.

No hay nuevas regulaciones

Mientras que las investigaciones continúan, no se han creado nuevas leyes en relación con la acrilamida (o cualquier otra toxina alimentaria generada por calor). “Ningún país ha impuesto reglamentación alguna sobre las cantidades máximas de acrilamida en los alimentos. Esto puede haber cambiado... pero me parece



© C.O. Mercial

La acrilamida en los alimentos depende en gran medida de la forma en que se preparan éstos, y normalmente no se incluye la preparación de los alimentos en los cuestionarios alimentarios. Normalmente en éstos hacen preguntas tales como “¿Come usted papas a la francesa?”, pero no preguntan: “¿Le gustan muy doradas?”

—Hubert Vesper

Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades

que la mayoría de los países están tratando de evitar hacerlo. Tendremos que esperar a ver qué ocurre", dice David Lineback, miembro principal del Instituto Mixto de Seguridad Alimentaria y Nutrición Aplicada, una colaboración entre la FDA y la Universidad de Maryland para la investigación y la educación.

Tampoco ha recomendado ningún país cambios en sus directrices actuales para la alimentación saludable. "Por ahora no tenemos datos que justifiquen recomendar cambio alguno en los hábitos alimenticios. Sabemos bien que, a pesar de que la acrilamida es [neurotóxica], su presencia en los alimentos no va a constituir un problema. No la vamos a consumir en suficiente cantidad como para que llegue a ser nociva", señala Lineback. Por el momento, el "mejor consejo [de la FDA] sobre la acrilamida y la alimentación" tal como lo señala en su página web, *Preguntas y respuestas sobre la acrilamida*, es simplemente seguir una dieta saludable congruente con las directrices dietéticas para los estadounidenses de la FDA. Sin embargo, a aquellos consumidores que deseen reducir su ingesta de acrilamida, la FDA también les ofrece una página web: *Información adicional sobre la acrilamida, la alimentación y la preparación y el almacenamiento de los alimentos*, con guías fotográficas que ilustran lo que se entiende por papas fritas color "amarillo dorado" y un tostado "ligero".

A nivel estatal, California ya incluía la acrilamida en la lista de los carcinógenos enumerados en la Propuesta 65 desde 1990, 12 años antes de que se descubriera su presencia en los alimentos. Tras este descubrimiento, se exigió a los negocios alimentarios, incluyendo a fabricantes, tiendas y restaurantes, que colocaran advertencias cuando vendieran productos alimenticios a sabiendas de que causan exposición a la acrilamida. Ahora la Oficina de Evaluación de Riesgos

LA ACRILAMIDA EN NÚMEROS

COMPARACIÓN ENTRE ALIMENTOS CONTENIDO DE ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS (ppb)



LOS 10 ALIMENTOS CON MAYOR CONTENIDO DE ACRILAMIDA

- 470 Pretzels, duros y salados
- 393 Papas a la francesa, comida rápida
- 381 Galletas para la dentición
- 355 Totopos de maíz
- 346 Papas fritas
- 336 Galletas de mantequilla
- 326 Jugo de ciruela, embotellado
- 305 Galletas de arruruz
- 237 Cereal de trigo en copos
- 237 Aceitunas negras
- 229 Galletas con chispas de chocolate

Fuente: FDA. 2006. Datos de encuestas sobre la acrilamida en los alimentos: Resultados del Estudio de Dieta Total. Disponible en inglés en: <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodContaminantsAdulteration/default.htm> [Última visita, 11 de marzo de 2010].

Estos niveles de acrilamida se midieron en la Encuesta de Dieta Total. La Encuesta de Dieta Total es una encuesta continua de canasta alimenticia que incluye aproximadamente 280 alimentos que se consumen en EU, realizada por la FDA. Cada año esta dependencia reúne canastas de alimentos de las regiones Oeste, Central Norte, Sur y Noreste de los Estados Unidos. Se toman muestras de cada alimento de las tiendas de abarrotes y restaurantes de comida rápida en 3 ciudades de cada región, listos para llevar a la mesa, y se los analiza a fin de producir cifras para diversos niveles de contaminantes y nutrientes.

Imagen: Alamy

de la Salud y el Medio Ambiente (en inglés, OEHHA) de California está proponiendo que en la Propuesta 65 se incluya la acrilamida también como una toxina reproductiva, con base en la *Monografía sobre los efectos reproductivos y de desarrollo potenciales de la acrilamida en los seres humanos* publicada en 2005 por el Programa Nacional de Toxicología del Centro para la Evaluación de Riesgos a la Reproducción Humana. El estado estaba aceptando comentarios públicos sobre la propuesta hasta el 27 de abril de 2010.

Lineback afirma que la exposición a la acrilamida en los alimentos está tan extendida –alrededor de 30% de los alimentos que comemos la contienen–, que es poco probable que podamos eliminar por completo la exposición. “Si todos en Estados Unidos eliminaran de su dieta las papas a la francesa o las papas fritas, esto no provocaría un impacto general menor en su consumo”, dice. Pero las industrias alimentarias en los países de la Unión Europea y en Estados Unidos han investigado maneras de reducir su formación.

Los países europeos han compartido sus datos desde el principio, dice Lineback; esto ha dado como resultado la “Caja de herramientas para la acrilamida”, un documento informal, desarrollado por la CIAA (Confederación de las Industrias Agro-Alimentarias de la UE) para orientar a los consumidores, el cual detalla algunos métodos que puede utilizar la industria para reducir la formación de acrilamida. Entre éstos se incluye eliminar algunos de los azúcares en las papas antes de freírlas, escaldándolas (es decir, sumergiéndolas brevemente en agua hirviendo y después en agua fría), o bien poniendo las papas a remojar en soluciones de glicina, un aminoácido que compite con la asparagina (el aminoácido que interviene en la reacción que hace que se forme acrilamida en los productos de las

papas). Se siguen estudiando algunas de estas técnicas para determinar sus efectos sobre el sabor.

Entrando en calor: Los daños causados por los AGE

Mientras que las principales preocupaciones respecto a la acrilamida son sus efectos carcinógenos y mutagénicos, se está estudiando la posible contribución de los AGE producidos por éste y otros PRM a una enfermedad que está proliferando hoy en día: la diabetes tipo 2. Hay una gran cantidad de literatura sobre los efectos de los AGE producidos de manera endógena; se sabe que estos compuestos se acumulan en niveles elevados en las personas que padecen diabetes y enfermedad renal, y su presencia se asocia con el envejecimiento. Pero ¿eso significa que el comerlos sea malo?

En el pasado, los científicos han debatido si los AGE que comemos en los alimentos sencillamente se excretan o si algunos de ellos permanecen en el cuerpo. Hoy en día es comúnmente aceptado que absorbemos los AGE que consumimos en cantidad suficiente para que modifiquen los niveles en la sangre, dice Helen Vlassara, profesora de geriatría, medicina general y medicina genética y celular en la Escuela de Medicina Monte Sinaí. Vlassara ha estudiado la diabetes durante más de 30 años, pero apenas comenzó a estudiar los AGE en los alimentos hace una década. No obstante, en esos 10 años se ha convencido de que para prevenir la diabetes y la enfermedad renal no es necesario dejar de comer, por ejemplo, el par de huevos cada mañana. Pero es necesario hervirlos o escalfarlos en lugar de freírlos. Ella considera que es sólo cuestión de tiempo para

que se acepte que los AGE en los alimentos incrementan el estrés oxidativo y la inflamación y contribuyen a que se desarrolle la enfermedad.

Vlassara llegó a esta conclusión después de realizar un estudio, publicado en el número de noviembre de 2009 de la *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, en el que ella y sus colegas preguntaron a un grupo de personas sanas y a un grupo de personas con enfermedad renal crónica sobre sus dietas y sus historias clínicas. Los investigadores determinaron el contenido de AGE de las dietas de los participantes valiéndose de una base de datos alimentaria que habían reportado en el número de agosto de 2004 de la *Journal of the American Dietetic Association* en la que se indicaba el contenido de AGE midiendo el AGE N-carboximetil-lisina.

Los participantes que refirieron consumir una dieta alta en AGE participaron en un estudio de intervención. La mitad de ellos redujeron su ingesta de AGE preparando los alimentos de manera diferente en casa; se dieron a este grupo instrucciones de evitar freír, hornear o asar a las brasas, y en lugar de ello hervir, escalfar o cocer en líquido o al vapor sus alimentos. La otra mitad continuó preparando sus alimentos como siempre. Por lo demás, las cantidades y tipos de alimentos consumidos se mantuvieron sin cambios.

Después de 4 meses, los 15 participantes sanos que consumieron una dieta baja en AGE mostraron una reducción considerable de los niveles de AGE en la sangre y de los indicadores sanguíneos de estrés oxidativo. Los nueve participantes con enfermedad renal que participaron en la intervención mostraron cambios similares después de sólo 4 semanas.

“Consideramos que los AGE en los alimentos son un importantísimo factor ambiental que se ignora en

gran medida", señala Jaime Uribarri, uno de los coautores de Vlassara. "Hemos medido en sujetos sanos todo un espectro de niveles de indicadores inflamatorios o de estrés oxidativo. Cuando modificamos la dieta para reducir la formación de AGE, cambiamos esos indicadores en la dirección correcta."

Actualmente Vlassara y Uribarri están llevando a cabo un estudio para determinar si pueden prevenir la diabetes en individuos prediabéticos que consumen una dieta baja en AGE. Uribarri también desea dar seguimiento a los participantes durante períodos más prolongados, así como realizar pruebas en grupos mayores de personas. Además, querría ver algunos de sus resultados replicados en estudios clínicos realizados por otros grupos de investigadores.

Algunos investigadores afirman que se requiere una medición más precisa de los AGE que intervienen en esos estudios clínicos. John Baynes, profesor emérito de ciencias del ejercicio y los deportes de la Universidad de Carolina del Sur, señala

que en esos estudios no se sabe con certeza qué factores de la alimentación están provocando inflamación o estrés oxidativo. "No son sólo los AGE, sino también los productos de la lipoxidación [formados mediante el cocimiento de las grasas] los que reaccionan con los receptores de sustancias proinflamatorias", dice. "Cuando alguien dice que una dieta es alta en AGE debemos tener cuidado. Probablemente contenga una mezcla de productos de los procesos químicos de oxidación avanzada de azúcares y lípidos. Necesitamos exposiciones realmente bien controladas en personas sanas que examinen la presencia de bioindicadores, inflamación o estrés oxidativo como respuesta a una dieta alta en AGE.

Uribarri está de acuerdo: "Estoy dispuesto a aceptar que debemos hablar en general sobre los alimentos procesados por calor. Existen cientos de compuestos que no hemos identificado." Señala que, desde un punto de vista práctico, sin embargo, no importa si el problema está causado por los AGE o por los productos de

la lipoxidación. La orientación clínica debe ser la misma: reduzca la ingesta de alimentos asados, horneados, a la parrilla o fritos, porque los mismos tipos de alimentos ricos en AGE tienden a tener niveles igualmente elevados de productos de la lipoxidación.

Posibles mecanismos

Otros investigadores han comenzado a demostrar los posibles mecanismos detrás de una conexión entre los AGE alimenticios y el estrés oxidativo. Jenny Ames y colaboradores, de la Universidad Queen's de Belfast, Irlanda del Norte, reportaron en el número de septiembre/octubre de 2009 de la *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology* que algunos productos derivados de un AGE relacionado con los lácteos causaban un incremento de los indicadores de estrés oxidativo en las células humanas *in vitro*. Los investigadores calentaron proteína de leche de vaca y glucosa para formar el AGE caseína, y después la "digirieron" utilizando un sistema modelo. Cuando trataron



Por ahora no tenemos los datos necesarios para justificar recomendar cambio alguno en los hábitos alimenticios. Sabemos que, si bien la acrilamida lo es [neurotóxica], su presencia en los alimentos no va a constituir un problema. No la vamos a consumir en suficiente cantidad como para que llegue a ser nociva.

—David Lineback

Instituto Mixto de Seguridad Alimentaria y Nutrición Aplicada

a células endoteliales microvasculares humanas con los productos de la digestión resultantes, éstas reaccionaron con el receptor RAGE que interviene en el estrés oxidativo y en la inflamación, y los productos de las especies reactivas de oxígeno se incrementaron significativamente.

Vlassara también ha llevado a cabo estudios en animales para identificar los AGE específicos que provocan problemas. En un trabajo publicado en el número de marzo de 2010 de la *American Journal of Physiology—Cell Physiology*, ella y sus colegas probaron el efecto del AGE metilgioxal en ratones previamente alimentados con una dieta baja en AGE. "Pudimos reproducir los efectos de una dieta completa rica en AGE añadiendo un solo AGE", dijo. "Éste incrementó el estrés oxidativo y occasionó problemas vasculares y renales."

Este estudio también afectó los niveles de un receptor llamado AGER1 que, según había demostrado ya Vlassara, actúa inhibiendo los AGE. "Este buen receptor quedó reprimido, literalmente perdido, en aquellos animales que ingirieron la

dieta a la que se añadió el metilgioxal. Pero en los animales que recibieron una dieta baja en AGE, el receptor se hallaba plenamente activo, y estos animales no sucumbieron a las enfermedades que comúnmente acompañan al envejecimiento", señaló.

Lineback afirma que la investigación de la industria alimentaria sobre los AGE tiene un atraso de 20 años respecto a su investigación sobre la acrilamida, y que los AGE pueden ser el "advenimiento de una tormenta" para la industria. Sin embargo, aparte de consumir todos los alimentos crudos, hervidos o cocidos al vapor, "va a ser muy difícil hablar de una reducción de los AGE", dice, porque éstos son químicamente complejos. "Muchos de estos AGE comienzan a formar ligaduras cruzadas de proteínas, lo cual da lugar a una situación mucho más compleja. Que yo sepa, sólo unas cuantas compañías están monitoreando los AGE. Por el lado de la química, no sabemos qué hacer al respecto, porque no podemos medir ni identificar las estructuras", dice.

El campo de la proteómica, que está en progreso, puede proporcionar

algunos avances en este sentido. En una crítica publicada en el número de febrero de 2009 de la *Journal of Proteome Research*, Baynes y Ames apuntaron hacia la proteómica como una tecnología prometedora para identificar los sitios específicos en los que los AGE alimenticios modifican las proteínas y para determinar si contribuyen o no a la patología. Baynes cita como un punto de partida en esa dirección un trabajo publicado por Fred Regnier, de la Universidad de Purdue, en el número de febrero de 2010 de la misma revista, en el que identifica los sitios específicos en que se modifican ciertos aductos de proteína a causa de los AGE. "No proporciona ninguna evidencia de que estas modificaciones sean funcionalmente significativas", dice Baynes, "pero sí proporciona datos rigurosos sobre modificaciones específicas, que es lo que necesitamos."

Angela Spivey escribe desde Carolina del Norte sobre ciencia, medicina y educación superior. Ha escrito para *EHP* desde 2001 y es miembro de la Asociación Nacional de Escritores Científicos.

PARA MÁS INFORMACIÓN

Información adicional sobre la acrilamida, la dieta y el almacenamiento y preparación de los alimentos

<http://www.fda.gov/food/foodSafety/foodcontaminantsadulteration/chemicalcontaminants/acrylamide/ucm151000.htm>

Preguntas y respuestas sobre la acrilamida

<http://www.fda.gov/food/foodsafety/foodcontaminantsadulteration/chemicalcontaminants/acrylamide/ucm053569.htm>

Caja de herramientas de la CIAA para la acrilamida

http://www.ciaa.be/documents/brochures/CIAA_Acrylamide_Toolbox_Oct2006.pdf

Folleto definitivo del Proyecto HEATOX

http://www.slv.se/upload/heatox/documents/D62_final_project_leaflet.pdf

Programa Nacional de Toxicología - Evaluación de la acrilamida del Centro de Evaluación de Riegos para la Reproducción Humana

<http://cerhr.niehs.nih.gov/chemicals/acrylamide/acrylamide-eval.html>