

# Acrilamida ¿un riesgo para la salud del consumidor?

FRANCISCO J. MORALES Y JOSÉ ÁNGEL RUFÍAN. INSTITUTO DEL FRÍO. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS.

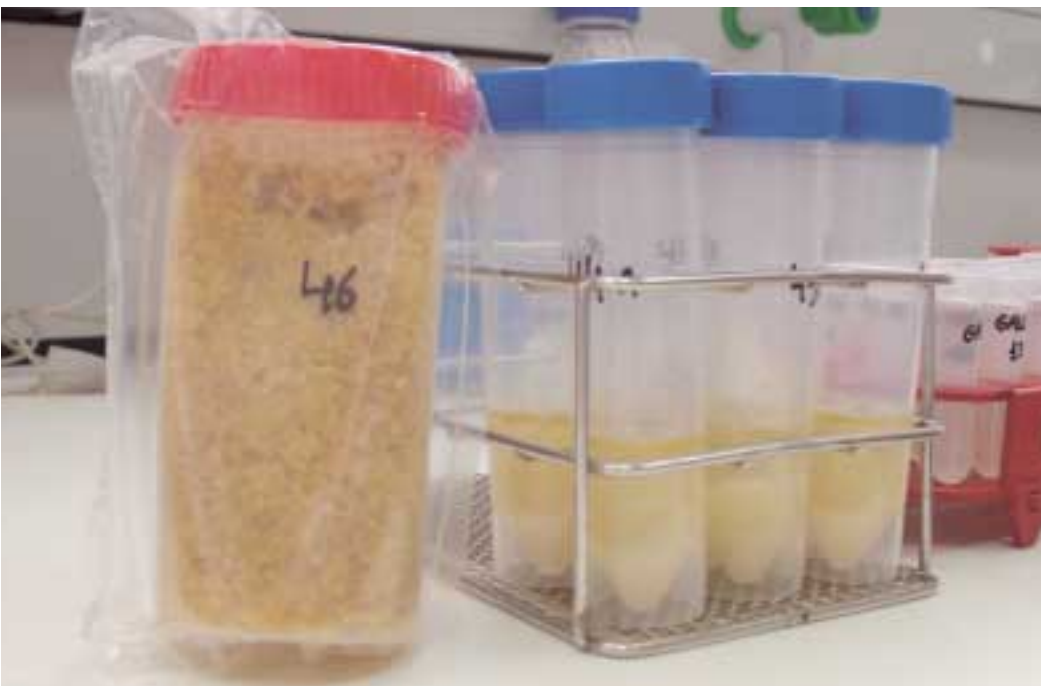
La acrilamida ha entrado a formar parte del grupo de agentes tóxicos formados durante el procesamiento de alimentos. Es un hecho indiscutible la formación de acrilamida durante el procesamiento o cocinado de determinados grupos alimenticios y ello supone un peligro en su condición de perjudicar la salud. Sin embargo, el concepto de riesgo hace referencia a la probabilidad y severidad del peligro. Antes de definir una estrategia efectiva y rigurosa de comunicación y gestión de riesgos sobre la presencia generalizada

de acrilamida en alimentos procesados térmicamente es preciso superar con éxito una serie de etapas previas, actualmente, en fase de evaluación. Cuestiones tan importantes como la validación de una metodología robusta de análisis, pasando por complejos estudios tanto de biodisponibilidad como epidemiológicos deben ser resueltos en los próximos años. Es por ello que debemos ser cautos y responsables con la información que lancemos a debate público.



Hasta Abril del año 2002, la comunidad científica y el público en general, pensábamos que la acrilamida (CAS n. 76-06-1,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CONH}_2$ ) era únicamente un importante intermediario en la síntesis de homo- y copolímeros de poli(acrilamida), de amplia presencia en nuestra sociedad. Además de la fabricación de plásticos, es utilizada desde agente aglutinante en el tratamiento de aguas residuales, en el procesamiento de la pulpa de papel, hasta en el sector de la cosmética, el textil y la construcción, entre otros muchos. Sin embargo, quedamos sorprendidos cuando el grupo de investigación de la Prof. Margareta Törqv-

vist (Univ. Estocolmo, Suecia) en conjunción con personal de la Agencia sueca de seguridad alimentaria (SNFA) anunció en rueda de prensa la detección de niveles significativos de acrilamida en ciertos alimentos fritos de amplio consumo. En otras palabras, la acrilamida aparece de "manera natural" en los alimentos durante el cocinado o el procesamiento térmico, donde los niveles están relacionados con la temperatura y tiempo de calentamiento. Es por ello que los procesos, como el horneado, fritura, asado, etc., están directamente relacionados con una mayor presencia de acrilamida en estos. En alimentos crudos, frescos o simplemente hervidos, no se detectó acrilamida. El grupo de alimentos donde se observó mayor contenido fue aquel que contenía elevados niveles de carbohidratos, en concreto en las patatas fritas. Se encontraron niveles entre 669-3000 de  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , cuando el límite aceptable para agua de consumo es de  $0.1 \mu\text{g}/\text{L}$ . Sin embargo, no aportan información sobre el mecanismo de formación. Estos primeros resultados indican que el consumo promedio en la dieta sueca es de  $0.3-0.8 \mu\text{g}$  acrilamida/kg peso/día, pero en determinados sectores de población como la infantil, el consumo es de dos a tres veces superior al de los adultos. Además se planteó la hipótesis de que ciertos casos de cáncer en Suecia podrían ser explicados a partir de la ingesta de acrilamida. Concretamente ci-



tan que de los 45000 casos de cáncer atribuidos, en principio, a causas desconocidas, la tercera parte podrían ser explicados. La polémica está servida.

El hallazgo fue fortuito, ya que los científicos pretendían identificar nuevas vías de exposición a la acrilamida además de las ya conocidas (principalmente el tabaco). Pero, sus investigaciones les llevaron a relacionar elevados niveles de biomarcadores de acrilamida con los hábitos alimenticios de la población. Hace ya 30 años que se conoce que la acrilamida y la glicidamida (epóxido derivado de la acrilamida) pueden formar comple-

### “El horneado, fritura, asado, etc., están directamente relacionados con la presencia de acrilamida”

jos con restos aminoacídicos de la Hb. En principio se relacionó la presencia del biomarcador con el consumo de tabaco, la contaminación ambiental, y el uso de cosméticos, pero aún así, había una parte importante de niveles de acrilamida, analizada como CEV (aducto entre el resto N-terminal de la valina en la hemoglobina y la acrilamida), que no podía ser explicada y debía provenir de la dieta. El hecho lo confirmó la experimentación con ratas de laboratorio alimentadas con dietas ricas en fritos. La determinación de CEV es válida como biomarcador de la exposición in vivo a la acrilamida pero no es válida para hacer extensible un cálculo de acrilamida vía dieta.

Posteriormente, y en cuestión de 3 semanas los resultados fueron validados y

aceptados por diferentes agencias de seguridad alimentaria y universidades europeas (Noruega, Suiza, Reino Unido), además de Estados Unidos, Canadá y Australia. Desde entonces se ha iniciado una actividad frenética en los ámbitos científicos, gubernamentales e industriales implicados para evaluar el impacto real de la presencia de acrilamida sobre la salud de los consumidores.

Obviamente estos hallazgos han alertado a la comunidad científica, además de los diferentes organismos nacionales e internacionales de seguridad alimentaria, ya que los efectos toxicológicos de la

acrilamida han sido estudiados y constatados en animales de laboratorio desde hace tiempo. En este punto es importante resaltar que las investigaciones se llevaron a cabo con el producto puro, en concentraciones no siempre acordes a los niveles encontrados en los alimentos y en animales de experimentación. Desde que cocinamos nuestros alimentos, los humanos llevamos miles de años expuestos a la acrilamida, quizás durante ese tiempo nuestro organismo haya podido adaptar un mecanismo de detoxificación específico. La toxicología de la acrilamida podemos dividirla en función de sus efectos; genotóxico, clastogénico, carcinogénico, neurotóxico (la principal alteración descrita en humanos es el desarrollo de neuropatía periférica) y, tam-

bién, está implicada en procesos de infertilidad en animales macho de laboratorio. Aunque hasta la fecha, la carcinogenicidad no ha sido demostrada en humanos mediante estudios epidemiológicos, esta no puede ser totalmente excluida. Por ello, la acrilamida ha sido clasificada por la IARC como “sustancia probablemente carcinogénica en humanos” debido a serios indicios a partir de resultados realizados en mamíferos y líneas celulares humanas. Por otra parte, la Unión Europea aplicando el índice CRAI ha clasificado a la acrilamida en la categoría 2 de carcinogenicidad.

Respecto a la bioquímica de la acrilamida en el organismo se van conociendo diferentes rutas de metabolización. La acrilamida es una molécula tremendamente reactiva que participa en reacciones de radicales libres y reacciones de adición de Michael. Una de las más conocidas es la transformación metabólica hasta glicidamida. Se ha descrito que puede participar en la modificación química de (a) grupos SH- no proteicos (cisteína, homocisteína, y glutatión), (b) grupos SH- proteicos (enzimas y proteínas estructurales), (c) grupos NH<sub>2</sub>- terminales de valina en la Hb, pero no se ha podido constatar la acción sobre el resto epsilon-NH<sub>2</sub>-lisina o el NH del anillo imidazol de la histidina, (d) grupos NH<sub>2</sub> de la guanina y otros ácidos nucleicos. Finalmente, también se ha constatado la interacción no covalente con los residuos de triptófano de las proteínas. Además, algunos resultados sin confirmar, indican que la



acrilamida podría generarse en el organismo ya que se han determinado niveles basales de CEV en animales salvajes los cuales no están expuestos a la acrilamida por las vías antes citadas.

La investigación que actualmente se está desarrollando sobre la presencia de acrilamida en alimentos es claramente multidisciplinar. De una manera muy general, podríamos describir que los grupos de trabajo formados para abordar el problema están adscritos a las siguientes áreas:

- mecanismos de formación de acrilamida en alimentos
- metodología analítica
- exposición y biomarcadores
- toxicología, consecuencias metabólicas y epidemiología
- evaluación y comunicación de riesgos.

En concreto la Unión Europea dentro del sexto programa marco de investigación científica ha financiado diferentes grupos de trabajo que abarcan el estudio de la presencia de acrilamida en nuestra dieta. Nuestro grupo está participando en la acción COST-927 denominada “*Thermally processed foods. Possible Health Implications*” donde se evalúa la incidencia de la acrilamida y otros compuestos sobre la salud. También participamos en el programa *Collective Research* con la propuesta de proyecto ICARE con el objetivo de evaluar y diseñar estrategias para mi-



nimizar la formación de acrilamida y otros compuestos nocivos generados durante el procesado térmico, como son las aminas heterocíclicas.

Hasta la fecha se han descrito una serie de metodologías para la cuantificación de acrilamida, aunque es importante resaltar que no todos los métodos descritos son válidos para ser aplicados en todos los alimentos. Tampoco olvidemos que aún no existe un método analítico contrastado, validado, y totalmente acep-

tado por la comunidad científica para la cuantificación de acrilamida. Si bien es cierto que los métodos y variantes desarrollados hasta la fecha son sometidos regularmente a diferentes programas de intercomparación organizados por BfR, IRMM y FAPAS sobre diversas matrices. Será muy difícil desarrollar un método generalista, ya que se deberá contemplar las particularidades de cada matriz; por ejemplo en hamburguesas, cereales o café las variantes en las etapas de extracción de muestra pueden ser diferentes. Es también un objetivo la definición y puesta a punto de metodologías rápidas y de bajo coste. Debido a la reactividad

**“Estos hallazgos han alertado a la comunidad científica y a diferentes organismos de seguridad alimentaria”**

de la molécula y su química los métodos mas utilizados hasta la fecha son GC/MS, así como LC/MS y LC/MS<sup>n</sup>. Las metodologías de GC/MS fueron las primeras descritas, ya que los analistas trasvasaron sus experiencias tanto en migración de contaminantes a partir de envases al alimento (por ejemplo niveles de acrilamida monómerica en plásticos) como procedimientos de análisis de acrilamida residual en agua tratada.

En el estudio inicial presentado por los investigadores suecos se analizaron unos 100 alimentos, agrupados en derivados de patata (bien en trozos o en laminas), cereales de desayuno, maíz, galletas y pan. A la fecha de hoy mas de 700 productos diferentes han sido ya evaluados, incluidos en 35 grupos de alimentos. También se han ido describiendo los alimentos o preparados donde no se han detectado niveles de acrilamida o estos no son significativos. En la tabla 1 se resumen los resultados presentados hasta la fecha. La tabla muestra claramente grupos de alimentos donde existe una gran dispersión entre los datos. Ello indica que es posible, por ejemplo en el grupo de las patatas fritas, reducir los niveles de acrilamida mediante modificaciones en las condiciones del procesado ya que la materia prima inicialmente es la misma. En este sentido se han descrito diferentes estrategias para reducir los niveles en los alimentos donde se requiere de un profundo conocimiento de la química de formación:

– **Reducción o eliminación de los reactantes del alimento o formulación.** Es conocido que la presencia de asparagina y compuestos dicarbonilo favorecen la reacción. El contenido en asparagina en patatas varia entre 0.5 - 10 mg/g. Se pueden emplear variedades de patata de bajos niveles de asparagina en la producción de patatas fritas. Otra estrategia planteada es tratar el producto previamente con asparaginasa.

– **Interrupción de la reacción.** Se podría incluir un inhibidor de alguna reacción limitante dentro de la cascada de reacciones implicadas en la formación de acrilamida. El inhibidor empleado debe ser un aditivo inocuo.

– **Eliminación después del procesado.** Esta opción es muy compleja ya que seguramente el producto se vería alterado en su textura y organolépticamente.

Los resultados presentados hasta la fecha no abarcan todos los sectores representativos de la dieta europea. Es mas, se

“Respecto a la bioquímica de la acrilamida en el organismo se van conociendo diferentes rutas de metabolización”



prevé encontrar diferencias significativas en los estudios epidemiológicos entre diferentes países. Es por ello urgente la elaboración de bases de datos, lo mas completas posibles, para determinar los niveles de acrilamida en la dieta, no solo europea, sino dentro de cada país o región. Concretamente, la Comisión europea a través del SFC anima al estudio de los ni-

veles de acrilamida en productos regionales o específicos de cada Estado. A partir de la creación de una base de datos completa, se puede estimar los niveles de distribución de acrilamida en los grupos de alimentos y relacionarlos con la ingesta en diferentes grupos poblacionales y de esta manera llegar a obtener una estimación de la distribución de la exposi-

ción de la acrilamida. Paralelamente, los estudios de biodisponibilidad (tóxico-cinéticos) en animales de laboratorio deberían clarificar el efecto del consumo sobre la absorción y eliminación de la acrilamida. Uno de las principales interrogantes es conocer el comportamiento de las matrices alimenticias y de otros compuestos presentes en nuestra dieta sobre el bloqueo de la acrilamida. En estos estudios se determinarían tanto los niveles de acrilamida como de glicidamida en suero. En una etapa final, será posible modelizar (estudios cinéticos) y extrapolar los resultados obtenidos en animales de laboratorio a humanos.

### Conclusión

Aunque han transcurrido escasamente dos años desde que tuvimos constancia que una nueva vía de contaminación por acrilamida en humanos era a través de los alimentos que ingerimos diariamente, se ha avanzado de una manera sorprendente en el conocimiento científico sobre la formación e incidencia de acrilamida

en nuestra dieta. Se han movilizado ágilmente y coordinado los recursos de las principales instituciones internacionales y nacionales de seguridad alimentaria, así como de los laboratorios de investigación y desarrollo de las principales compañías productoras implicadas. Las claves sobre la formación e impacto de la acrilamida sobre nuestra salud no están, ni mucho menos, resueltos. Es cierto que el ser humano lleva cocinando y procesando alimentos desde hace miles de

### “Es posible, en el grupo de las patatas fritas, reducir los niveles de acrilamida modificando el procesado”

años y posiblemente el riesgo para la salud que suponga la presencia de acrilamida en la dieta no sea mayor que la falta de ejercicio físico o el bajo consumo de frutas. Pero aún así, ese riesgo debe ser evaluado y clarificado. Por otra parte, se deben de articular mecanismos para eliminar, o cuanto menos, reducir los niveles de acrilamida a los más bajos que téc-

nicamente sean posibles. Poco a poco se van conociendo diferentes puntos críticos en la formación de acrilamida, aunque si bien es cierto que la importancia relativa de cada uno variara en función del grupo de alimentos al cual nos estemos refiriendo. En general se ha determinado que temperaturas superiores a 120°C y tiempos prolongados de procesado/cocinado, así como la elevada presencia de azúcares y aminoácidos libres, un pH cercano a la neutralidad y alta superficie

de contacto en el alimento, favorecen la formación de acrilamida.

En definitiva, la acrilamida ha vuelto a poner a prueba los conocimientos y recursos tanto de los científicos y tecnológicos como de los responsables de seguridad alimentaria y salud en general. Se ha superado la primera oleada de reacciones mediáticas y todos los sectores implicados somos conscientes de la importancia de nuestra cooperación para evaluar el riesgo real de la ingesta de diaria de acrilamida. La transparencia de las investigaciones en curso son un claro mensaje de tranquilidad al consumidor. Por otra parte el consumidor no puede quedar ajeno, debe de aplicar las mismas recomendaciones de evitar el sobrecocinado. Obviamente los alimentos deben seguir siendo cocinados en las condiciones apropiadas con el objeto de eliminar los posibles patógenos presentes, especialmente en carnes y pescados.

### Abreviaturas

FDA = Food and Drug Administration (US)

SNFA = Swedish National Food Administration

IARC = International Agency for Research on Cancer

SFC = Scientific Food Committee (EU)

FAPAS = Food Analysis Performance Assessment Scheme

IRMM = Institute for Reference Materials and Measurements

BfR = Instituto Federal Alemán para la evaluación de riesgos

FSA = Food Standard Agency

COST = European cooperation in the field of Scientific and Technical Research

Hb = hemoglobina

CRAI = Carcinogenicity risk assessment index

TABLA 1: CUADRO RESUMEN DE VALORES DE ACRILAMIDA EN DIFERENTES GRUPOS DE ALIMENTOS RECOGIDOS HASTA MARZO DE 2004. VALORES APORTADOS POR SNFA, FSA Y GRUPOS EUROPEOS (LÍNEA SUPERIOR) Y FDA (LÍNEA INFERIOR)

Grupo	Media (min-max) – n µg/Kg producto	Grupo	Media (min-max) – n µg/Kg producto
Chips, patata	537 (< 50 - 3.500) – 39 453 (20 - 2.762) – 40	Café molido	200 (170 - 230) – 3 206 (45 - 365) – 53
Patatas fritas	----- 340 (20 - 1.325) – 52	Frutos secos	----- 117 (28 - 457) – 13
Crips, patata	1.312 (170 - 2.287) – 38 464 (117 - 2.762) – 40	Cerveza	30 (< 30 - 30) – 1 < 10 – 4
Crips, maíz	218 (34 - 416) – 7 -----	Crackers	280 (< 30 - 640) – 11 191 (26 - 504) – 7
Crips, pan	423 (< 30 - 3.200) – 58 110 (36 - 199) – 4	Leche	----- 16 (0 - 43) – 4
Panadería	110 (< 50 - 450) – 19 70 (0 - 364) – 22	Chocolate	75 (< 50 - 100) – 2 114 (0 - 909) – 14
Galletas	----- 237 (36 - 432) – 8	Aceitunas negras	----- 228 (123 - 424) – 4
Cereales desayuno	298 (< 30 - 1.346) – 29 113 (47 - 266) – 10	Salsas	----- 17 (0 - 151) – 14
Palomitas de maíz	----- 186 (97 - 352) – 4	Potitos	----- 16 (< 10 - 31) – 10
Pescado y derivados	35 (30 - 39) – 4 12 – 1	Alimentos infantiles	----- 36 (0 - 130) – 24
Vegetales	----- 25 (0 - 83) – 8	Formula Infantiles	----- 2 (0 - 10) – 11



## Referencias

Becalski, A., Lau, B., Lewis, D., Seaman, S. (2002) Acrylamides in Food: occurrence and sources. Poster at 116th Annual International AOAC, USA.

IARC (1994) Acrylamide. Monographs on the evaluation carcinogen risk to humans: Some industrial chemicals, Lyon, Fance, 60, 389-433.

Mottram, D., Wedzicha, B., Dodson, A. (2002) Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 448.

Rosen, J., Hellenas, K.E. (2002) Analysis of acrylamide on cooked foods by liquid chromatography by tandem mass spectrometry. *The Analyst*, 127, 880-882.

Stadler, R., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P., Robert, M., Riediker, S. (2002) Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419, 449.

Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Tornqvist, M. (2002) Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 50, 4998-5006.

Tareke, E., y col. (2002) Acrylamide, a cooking carcinogen?. *Chem. Res. Toxicol*, 13, 517-522.

WHO (1996) Guidelines for drinking water quality. Ginebra, Suiza, 940-949.

European Commission, European Chemicals Bureau, Institute for Health and Consumer Protection, 2002. European Union Risk Assessment Report Acrylamide. O. O. Publications of the European Communities, Luxembourg. (ISBN 92-894-1250-X).

Mucci, L.A., Dickman, P.W., Steineck, G., Adami, H.-O., Augustsson, K., 2003. Dietary Acrylamide and cancer of the large bowel, kidney, and bladder. Absence of an association in a population-based study in Sweden. *British Journal of Cancer* 88, 84-89.

Weiss, G., 2002. Acrylamide in food: uncharted territory. *Science* 297, 27.

FDA (2004) Action plan for acrylamide in food. CFSAN/Office of Plant & Dairy foods.

**AgroCSIC**

CENTRO DEL CSIC: Instituto del Frío.  
 Departamento: Ciencia y tecnología de productos lácteos.  
 Nombre Investigador: Francisco José Morales Navas.  
 E-mail: [fjmorales@if.csic.es](mailto:fjmorales@if.csic.es)  
 Tendencias de Investigación:  
 Nuestra línea principal de investigación esta centrada en estudio de la denominada reacción de pardeamiento no enzimático que tan amplio impacto tiene en aspectos tanto organolepticos como nutricionales durante el procesado y cocinado de alimentos. Tres grandes objetivos han ocupado nuestros esfuerzos desde los 90; la identificación y aplicación de índices químicos de tratamiento térmico, la caracterización de compuestos bioactivos derivados de la reacción de Maillard y por último los factores implicados en la formación de acrilamida en determinadas matrices alimenticias. En ellos hemos ocupado nuestra experiencia en química de los alimentos, química analítica y tecnología de procesos. En la actualidad estamos colaborando con investigadores de otros ámbitos científicos para acometer un abordaje multidisciplinar a estas temáticas.



**FABRICANTES DE MAQUINARIA PARA LA INDUSTRIA DE LA ALIMENTACIÓN Y QUÍMICA**

**RODABE Ingenieros, S.L.**

**LÍNEA PARA LA FABRICACIÓN DE MERMELADAS, CONFITURAS Y PRODUCTOS AFINES**

E-mail: [rodabe@rodabe.e.telefonica.net](mailto:rodabe@rodabe.e.telefonica.net) - Web: [www.rodabe.com](http://www.rodabe.com)

Polígono Industrial Oeste, parcelas 13/35 y 13/36  
 Teléfono: 968 88 03 77 - Fax: 968 88 04 72 - 30820 Alcantarilla - MURCIA