

comisión del codex alimentarius



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA
Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN
MUNDIAL
DE LA SALUD



OFICINA CONJUNTA: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROMA Tel: 39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Punto 17(g) del programa

CX/FAC 05/37/33

Marzo de 2005

**PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS
COMITÉ DEL CODEX SOBRE ADITIVOS ALIMENTARIOS
Y CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS
37ª reunión
La Haya, Países Bajos, 25 – 29 de abril de 2005**

DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE LA ACRILAMIDA

INFORMACIÓN GENERAL

1. La 36ª reunión del Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC) resolvió que se revisara el documento de debate sobre la acrilamida,¹ tomando en cuenta las deliberaciones de la reunión y las observaciones de un grupo dirigido por el Reino Unido y los Estados Unidos, con apoyo de la Comunidad Europea (CE), Japón, Corea, Suecia, la Confederación de Industrias de Alimentos y Bebidas de la Unión Europea (CIAA), el Consejo Internacional de Asociaciones de Fabricantes de Comestibles (ICGMA) y el Consejo Internacional de los Frutos Secos (INC), y distribuir el documento revisado para recibir observaciones y someterlo a examen en su 37ª reunión.² Alemania se incorporó al grupo de trabajo después de la reunión.

2. El Comité señaló la importancia de reducir el nivel de acrilamida en los alimentos e indicó que se ha avanzado en la reducción del nivel mencionado en algunos productos, a partir de la información de que se dispone actualmente.²

3. El Comité también aceptó presentar a la FAO y a la OMS el mandato de una evaluación de la acrilamida que elaboraría el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) en su 64ª reunión de febrero de 2005.²

4. La investigación de la acrilamida es un ámbito activo y dinámico. Este documento no refleja los acontecimientos posteriores a enero de 2005, comprendida la evaluación del JECFA. Los aspectos que debe tomar en cuenta el JECFA, como la exposición alimentaria, la toxicología y la epidemiología, se resumen brevemente en este documento. Estos aspectos no están tratados en detalle ya que se habrán considerado parte de la evaluación de riesgos elaborada por el JECFA.

INTRODUCCIÓN

5. En abril de 2002, investigadores de la Administración Nacional de los Alimentos de Suecia y la Universidad de Estocolmo anunciaron que se forma acrilamida en diversos alimentos horneados y fritos, elaborados a elevadas temperaturas.³ Desde la publicación del informe sueco se han documentado en muchos otros países resultados parecidos sobre la formación de acrilamida principalmente en alimentos con gran contenido de carbohidratos de origen vegetal, preparados o cocinados a temperaturas elevadas.⁴⁻⁷

6. En 2002, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) celebraron una consulta sobre las repercusiones para la salud de la presencia de acrilamida en los alimentos, y presentaron una serie de recomendaciones.⁸

7. El descubrimiento de la formación involuntaria de acrilamida en algunos alimentos cocidos es motivo de preocupación porque la acrilamida es un probable carcinógeno humano.⁹ A partir de estudios en animales utilizando grandes dosis, se conoce que la acrilamida es carcinógena y mutágena de las células germinales en los roedores, y posible carcinógena y genotóxica en los seres humanos, además de ser una conocida sustancia neurotóxica en los seres humanos.^{8,10,11} En los animales incrementa la frecuencia de una serie de tumores benignos y malignos encontrados en diversos órganos (por ejemplo, en la glándula mamaria, en la *tunica vaginalis*, la tiroides y las adrenales).¹² El potencial carcinogénico de la acrilamida no se ha investigado exhaustivamente en los seres humanos,¹² en particular después de una exposición alimentaria crónica.

8. Estudios de casos de control realizados en la población no han encontrado asociación positiva alguna entre la exposición alimentaria a la acrilamida o fuentes alimentarias y el riesgo de cáncer.¹³ Además, no se ha observado aumento del cáncer en estudios de grupos humanos expuestos a la acrilamida por motivos laborales, con la posible excepción de un incremento de cáncer pancreático.^{14,15} Sin embargo, los estudios de epidemiología tiene una capacidad limitada de detectar pequeños incrementos de frecuencia de tumores y, por lo tanto, la falta de una asociación positiva no se puede interpretar como prueba de que esta sustancia no pueda producir cáncer en los seres humanos.

9. Los estudios realizados hasta ahora indican que la formación de acrilamida es en particular posible en alimentos con alto contenido de carbohidratos cocinados (es decir, horneados o fritos) a temperaturas superiores a unos 120°C.¹⁶⁻¹⁸ No se ha encontrado acrilamida en alimentos hervidos.^{19,20} Los mecanismos que conducen a la formación de acrilamida no se conocen cabalmente. La mayor parte de la acrilamida presente en los alimentos se forma a través de una reacción química denominada "reacción de Maillard" y, en particular, a través de la reacción entre el aminoácido asparagina y azúcares reductores, cuya presencia en los alimentos es natural.²¹⁻²⁵ Otros precursores que se han indicado como causante de una parte del contenido de acrilamida presente en los alimentos son 3-aminopropionamida, ácido acrílico y amonio.^{26,27}

TOXICOLOGÍA

10. Está en marcha una serie de estudios toxicológicos sobre la acrilamida, cuyos detalles figuran en el portal de la FAO y la OMS Acrylamide Infonet.²⁸ Estos estudios comprenden nueva información de la Administración de Alimentos y Medicinas de los Estados Unidos sobre toxicocinética, biodisponibilidad, formación de aductos en el ADN y acrilamida en los piensos para roedores.²⁹⁻³³ El Taller sobre acrilamida en los alimentos, celebrado en 2004 y patrocinado por el Instituto Mixto de Inocuidad de los Alimentos y Nutrición Aplicada (JIFSAN) representa el adelanto de la investigación toxicológica desde 2002.³⁴ El grupo de trabajo señaló que "se ha adelantado considerablemente hacia el conocimiento de la toxicología y el metabolismo de la acrilamida".³⁴ La evaluación del JECFA proporcionará conclusiones provisionales ya que sigue recopilándose información toxicológica determinante (por ejemplo, datos sobre neurotoxicidad, datos de estudios crónicos de animales). La caracterización que haga el JECFA de la acrilamida probablemente será un elemento clave en las futuras versiones del presente documento de debate.

11. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado la acrilamida como "probablemente carcinógena para los seres humanos";⁹ además, el Comité Científico de Alimentación (SCF) de la Unión Europea (UE) lo ha calificado como carcinógeno genotóxico.³⁵ En dos estudios de largo plazo con ratas, la acrilamida incrementó la frecuencia de una serie de tumores benignos y malignos en diversos órganos.^{8,9} La acrilamida también indujo tumores de pulmón y de la piel en una serie de ensayos biológicos no normalizados sobre carcinogenicidad con ratones.³⁶ Se piensa que la acrilamida es un carcinógeno genotóxico, aunque existen indicios de que otras modalidades de acción podrían contribuir al espectro observado de tumores en las ratas tratadas con acrilamidas, en especial los tumores de los tejidos sensibles a las hormonas.³⁷ No se ha observado incremento del cáncer en seres humanos en contacto con la acrilamida por razones de trabajo, con la posible excepción de un aumento de cáncer de páncreas.^{14,15}

12. La acrilamida se metaboliza *in vivo* en glicidamida, un epóxido químicamente reactivo que podría explicar la mayor parte de los efectos genotóxicos y carcinógenos observados de la acrilamida. Algunos ejemplos de resultados genotóxicos de la acrilamida son la inducción de mutaciones genéticas y anomalías cromosómicas en células cultivadas *in vitro*⁹ y resultados positivos en estudios *in vivo* de genotoxicidad.³⁵ Tanto la acrilamida como la glicidamida reaccionan con los compuestos nucleófilos a través de la adición de Michael para formar aductos en el ADN y proteínas. Los aductos de la acrilamida y la glicidamida en la valina N-terminal de la hemoglobina no son tóxicos pero sirven de útil marcador de la exposición *in vivo* a la acrilamida.^{8,35} Se ha demostrado que se producen tres aductos en el ADN a partir de la exposición *in vivo* a la glicidamida, y se han encontrado otras bases aductadas en reacciones *in vitro* con acrilamida.^{31, 38}

Neurotoxicidad y toxicidad de la reproducción y del desarrollo

13. La neurotoxicidad (debida a la exposición laboral y de otros tipos de exposición no alimentaria y de alto nivel) es el único efecto negativo reconocido de la exposición a la acrilamida en los seres humanos.⁸ Los estudios laborales no ofrecen información para definir una relación entre dosis y respuesta.⁸ No está claro si los efectos neurotóxicos de la acrilamida se pueden atribuir a la acrilamida misma o a la glicidamida, su metabolito. Tanto la OMS como el SCF concluyeron que no cabía esperar efectos neurotóxicos de los niveles de acrilamida encontrados en los alimentos.^{8, 35}

14. Se ha demostrado en estudios con animales que la acrilamida es un tóxico de la reproducción y del desarrollo. Como en el caso de la neurotoxicidad, se cree que los efectos reproductivos y en el desarrollo ocurren con dosis mucho más elevadas de las que aparecen en los alimentos. La Consulta de Expertos de la OMS declaró que el nivel sin efecto observado (NOAEL) correspondiente a las repercusiones en la fertilidad fue cuatro veces mayor que el de neurotoxicidad (neuropatía), y que controlando la neurotoxicidad se controlarían los efectos en la fertilidad.⁸

15. In 2004, un grupo de expertos del Programa nacional de toxicología de los Estados Unidos examinó la toxicidad reproductiva y del desarrollo de la acrilamida, y determinó como niveles más bajos con efecto adverso observado (LOAEL) entre 4 y 45 mg/kg pc al día para la toxicidad del desarrollo y toxicidad reproductiva masculina en ratones y ratas. Considerando el bajo nivel de la exposición humana estimada a la acrilamida (comprendida la exposición alimentaria), el grupo de expertos manifestó una preocupación insignificante por posibles efectos reproductivos y del desarrollo negativos, y una preocupación mínima por efectos hereditarios inducidos por la acrilamida en la población en general.³⁹

16. Como se establece en su Plan de acción sobre la acrilamida en los alimentos,⁴⁰ la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos y organismos asociados están realizando una serie de estudios sobre la acrilamida y la glicidamida. Ya han concluido algunos estudios de corto plazo sobre toxicocinética, biodisponibilidad, formación de aductos en el ADN y presencia de acrilamida en los piensos para roedores,^{29,30,32,33} pero los resultados de los ensayos sobre carcinogenicidad de largo plazo y una evaluación de la neurotoxicidad en el desarrollo no estarán disponibles sino hasta 2008.

17. El CCFAC ha pedido que la evaluación del JECFA contemple la llegada a conclusiones provisionales, ya que los datos de toxicología (por ejemplo, datos sobre neurotoxicidad, datos de estudios crónicos de animales) todavía están recogiéndose. La evaluación del JECFA llegará a conclusiones provisionales ya que la información toxicológica decisiva (como los datos sobre neurotoxicidad, datos de estudios crónicos de animales) están recogiéndose.

Estudios epidemiológicos

18. El grupo de trabajo sobre exposición y biomarcadores, del Taller sobre acrilamida en los alimentos celebrado en 2004 por el JIFSAN, examinó los estudios epidemiológicos disponibles (sobre exposición a través de los alimentos o laboral). El taller concluyó que aunque los estudios disponibles a la fecha no demuestran en forma concluyente que haya una asociación entre exposición alimentaria a la acrilamida y riesgo de cáncer, esto no necesariamente indica que no exista relación alguna. Los estudios epidemiológicos existentes carecen de fuerza estadística para detectar peligro de cáncer a partir de la exposición alimentaria a la acrilamida en los niveles indicados por los estudios toxicológicos.¹³

MÉTODOS ANALÍTICOS

19. Se han utilizado diversos métodos analíticos para cuantificar la acrilamida presente en los alimentos. Los métodos más utilizados son la detección a través de espectrometría de masas y cromatografía de gases (analito derivatizado) (GC-MS), y la cromatografía de alto rendimiento para líquidos y espectrometría de masas en tandem (HPLC-MS/MS).^{41,42}

20. El portal Acrylamide Infonet, que el Instituto Mixto de Inocuidad de los Alimentos y Nutrición Aplicada mantiene para la FAO y la OMS, funciona como recurso mundial e inventario de la investigación en curso sobre la acrilamida en los alimentos.²⁸ El portal Infonet presenta información (o enlaces a información) sobre diversas metodologías analíticas.

21. Recientemente se examinaron métodos y técnicas de preparación de muestras para medir la acrilamida presente en los alimentos.⁴² Este estudio contiene información sobre métodos tomada de artículos científicos y de otras fuentes (por ejemplo, un estudio realizado entre laboratorios oficiales y privados de los países miembros de la Unión Europea). Los autores concluyeron que no se había investigado lo suficiente la influencia de distintas técnicas de extracción o solventes de extracción y que los criterios de desempeño de los métodos deberían tomarse con una actitud crítica.⁴³

22. El taller del JIFSAN sobre acrilamida en los alimentos examinó la situación de la metodología de la acrilamida hasta abril de 2004.⁴⁴ Entre las conclusiones del grupo de trabajo sobre la metodología analítica cabe mencionar: 1) existe un tratamiento razonable de todas las matrices que son motivo de preocupación, pero hay poca información sobre el funcionamiento de los métodos en una serie de productos alimentarios; 2) es fiable el reconocimiento de los compuestos detectados como acrilamida; 3) los resultados numéricos en general son satisfactorios, según la concentración y la matriz; y 4) hay pruebas regulares y en curso de competencia, pero se necesitan materiales de referencia certificados y métodos de validación entre laboratorios. El grupo de trabajo también determinó los elementos necesarios para garantizar la aplicación correcta de la metodología.⁴⁴

23. El grupo de acción sobre métodos de estudio de la acrilamida, del Centro Común de Investigación (JRC) de la CE, sigue examinando los requisitos de los métodos analíticos. El JRC ha realizado una serie de ejercicios para comprobar la competencia en la determinación de la acrilamida en una serie de matrices.⁴³ Una prueba reciente realizada en muestras de pan crujiente reveló un rendimiento inadecuado ($z > 2$) de cerca del 30% de los laboratorios que participaron por lo menos en una de las cinco muestras analizadas. En el proyecto Heatox de la Ce,⁴⁵ el JRC tiene previsto validar dos métodos para determinar la presencia de acrilamida en una selección de matrices alimentarias. El JRC, en conjunto con el Instituto Alemán de Investigación y Prueba de Materiales, está preparando actualmente materiales certificados de referencia sobre la acrilamida (pan tostado y pan crujiente) que estarán disponibles a fines de 2005.

24. En los Estados Unidos, la Asociación Nacional de Procesadores de Alimentos (NFPA) ha realizado tres pruebas de anillo para evaluar el desempeño analítico de los laboratorios del gobierno y comerciales que hacen análisis de acrilamida. Participaron en estas pruebas laboratorios norteamericanos y europeos, utilizando diversos métodos. Los resultados de la última ronda de pruebas, que constó de muestras de cereales, crema de cacahuete y café, pueden consultarse en el portal del JIFSAN.⁴⁴

EXPOSICIÓN ALIMENTARIA

25. Se ha encontrado acrilamida en alimentos comercialmente elaborados y preparados en casa. Entre la amplia variedad de alimentos en los que puede formarse acrilamida hay alimentos básicos y otros alimentos importantes por su valor nutritivo.

26. El cuadro 1 presenta un resumen de algunos resultados de los análisis de la presencia de acrilamida en los alimentos, realizados hasta la fecha. Se han hecho pocos análisis de algunos de estos grupos de alimentos. Se ha observado una considerable variabilidad de los niveles de acrilamida entre alimentos de categorías específicas y en grupos de productos elaborados en las mismas condiciones. Este resumen contiene los datos producidos desde abril de 2002; por lo tanto, no necesariamente refleja los niveles actuales de acrilamida en estos productos.

Cuadro 1: Resumen de los niveles documentados de acrilamida en los alimentos

Grupo de alimentos	Grupo de productos alimentarios	Niveles de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
		mínimo	máximo
papas	papas crujientes ^a	117 ⁷	3770 ⁴⁶
	hojuelas de papas o papas a la francesa ^{b, c}	59 ⁴⁷	5200 ⁴⁸
	papas (crudas)	<10 ⁴⁹	<50 ⁴⁸
	buñuelos de papa y papas desmenuzadas (fritos)	42 ⁴⁶	2779 ⁴⁶
productos de cereales	hojuelas de maíz	120 ³	220 ⁷
	productos de panadería y galletas	18 ⁵⁰	3324 ⁴⁶
	pan de jengibre	<20 ⁴⁶	7834 ⁴⁶
	pan	<10 ⁷	130 ⁷
	pan (tostadas)	25 ⁴⁸	1430 ⁵¹
	cereales para el desayuno (no para niños pequeños)	11 ⁷	1057 ⁷
	pan crujiente	<30 ³	2838 ⁴⁶
	pasteles y galletas para diabéticos	20 ⁴⁶	3044 ⁴⁶
	palomitas de maíz (dulces y saladas)	57 ⁴⁶	300 ⁴⁶
	golosinas de ajonjolí	55 ⁴⁶	160 ⁴⁶
arroz y fideos	fideos fritos	3 ⁵²	581 ⁵⁰
	arroz frito	<3 ⁵²	67 ⁵²
	sopa de fideos instantánea	<3 ⁵²	152 ⁷
	galletas de arroz, asadas o fritas	17 ⁵⁰	500 ⁵³
fruta y hortalizas	aceitunas negras de lata	123 ⁵⁴	1925 ⁷
	jugo de ciruela pasa embotellado	53 ⁵⁴	267 ⁷
	hortalizas fritas (incluidas las hortalizas para tempura)	34 ⁵⁰	34 ⁵⁰
frutos secos	frutos secos, así como la crema de cacahuete	28 ⁷	339 ⁷
alimentos compuestos fritos	especialidades asiáticas fritas en aceite abundante: bolas de masa, bollos, buñuelos	<3 ⁵²	190 ⁵²
	aperitivos asiáticos apetitosos y fritos en aceite abundante (lentejas, "mezcla Bombay")	33 ⁴⁶	120 ⁴⁶
pescado y carne	productos de pescado y mariscos, empanados o rebozados	<2 ⁵⁰	39 ⁸
	productos de carne o avícolas, empanados o rebozados (fritos)	<10 ⁷	64 ⁸
	carne en canal, pollo y pescado (frito)	<5 ¹⁹	52 ¹⁹
productos de cacao	productos de chocolate	<2 ⁴⁷	826 ⁴⁶
	cacao en polvo ^d	<10 ⁷	909 ⁷
bebidas	café (tostado) ^e	45 ⁷	975 ⁴⁶
	sucedáneo del café ^f	116 ⁴⁶	5399 ⁷
	extracto de café, café en polvo ^e	195 ⁴⁶	4948 ⁴⁶
	té tostado (hoji-cha) y té Oolong ^g	<9 ⁵³	567 ⁵³
	granos de cebada tostados (para té)	140 ⁸	578 ⁵⁰
	cerveza	<6 ⁴⁷	<30 ⁵¹
alimentos para niños pequeños y lactantes	galletas y bizcochos para niños pequeños	<20 ⁴⁶	910 ⁴⁶
	alimentos envasados o enlatados para lactantes	<10 ⁷	121 ⁷

^a Aperitivo de papa en rebanadas delgadas y frito (incluye alimentos llamados hojuelas de papa en algunas regiones, comprendida América del Norte).

^b Productos de papa en rebanadas más gruesas (llamados papas a la francesa en algunas regiones, comprendida América del Norte, o papas fritas en el Reino Unido).

^c Se han registrado niveles más altos en productos preparados en casa cocidos en exceso, como en la muestra registrada de papas a la francesa demasiado cocidas que presentó un nivel de acrilamida de 12800.⁴⁸

^d Cacao en polvo para pastelería.

^e Analizado como se vende (como café tostado, instantáneo, extracto de café en polvo) y no preparado para el consumo.

^f No está claro si la muestra que presentó el valor mínimo se analizó como se vendió o preparada para el consumo. La muestra del valor máximo se analizó como se vendía y no lista para el consumo.

^g El té tostado (té hojij) contuvo entre 519 y 567 ng/g, y el té Oolong tuvo entre <9 y 142 ng /g, respectivamente. Las muestras de té verde, té (negro), y té Pu'er no contuvieron niveles de acrilamida detectables e [<9 ng/g] ni residuos [9 to 30 ng/g]⁵³.

27. Se ha realizado una serie de estudios para calcular la exposición alimentaria a la acrilamida. Las estimaciones del consumo a corto plazo oscilaron de 0.2 $\mu\text{g}/\text{kg pc}$ al día para el consumidor promedio a 3.4 $\mu\text{g}/\text{kg pc}$ al día para el consumidor de alto nivel.⁵⁵ Estos niveles se resumen en el cuadro 2. Cabe señalar que se utilizaron diversos métodos para proporcionar los datos de presencia de acrilamida y los datos de consumo de alimentos, así como para estimar la exposición alimentaria.

Cuadro 2: Resumen del consumo alimentario de acrilamida

País/organización	Ingesta alimentaria estimada de acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$)*
FAO/OMS ⁸	0.3 - 0.8
UE SCF ³⁵	0.2-0.4
BfR, Alemania ⁵⁶	1.1 – 3.4
BAG, Suiza ⁵⁷	0.28
SNT, Noruega ⁵⁸	0.32 – 1.35
AFSSA, Francia ⁵⁹	0.5 – 2.9
SNFA, Suecia ⁶⁰	0.45 – 1.03
NFCS, Países Bajos ⁵¹	0.48 – 1.1
EE.UU. ⁶¹	0.43-2.31
Reino Unido ⁶²	0.3 – 1.8

*el espectro incluye los niveles de exposición por consumo estimado medio y alto

28. La Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU. informó que ocho categorías de alimentos (hojuelas de papa,ⁱ papas comunes a la francesa,ⁱⁱ papas a la francesa al horno, cereales para el desayuno, pan tostado, galletas, pan suave, café) aportan más del 80 por ciento del consumo de acrilamida de la población media y que no hay un alimento específico que represente la mayor parte de la ingesta de acrilamida de la población media.⁶³ Las estimaciones de la exposición alimentaria realizadas en el Reino Unido revelan que los productos elaborados con cereales y las papas también son las principales fuentes de acrilamida en la alimentación en el Reino Unido.⁶² Los principales grupos de alimentos que contribuyen a la exposición a la acrilamida parecen ser similares en América del Norte y Europa.

29. No se ha establecido la contribución de la comida casera a la exposición alimentaria.

Fuentes de exposición no alimentaria

30. Otras posibles fuentes de exposición a la acrilamida son la exposición laboral¹² y el tabaco^{10,64}, así como la presencia de residuos de acrilamida en la poliacrilamida utilizada en algunos productos, como los cosméticos, los mejoradores de suelos, así como en los coagulantes y floculantes utilizados en el tratamiento del agua.¹² Se han establecido límites aceptables de acrilamida en los cosméticos y el agua.^{12, 65, 66}

FORMACIÓN EN LOS ALIMENTOS

31. Se ha encontrado acrilamida en alimentos preparados con tratamientos térmicos en la elaboración comercial y en la preparación casera.

ⁱ Producto de aperitivos de papa en rebanadas delgadas y fritas (incluye los alimentos llamados hojuelas de papa en algunas regiones, incluso en América del Norte).

ⁱⁱ Productos de papa en rebanadas más gruesas (conocidos como papas a la francesa en algunas regiones, incluso en América del Norte, o papas fritas en el Reino Unido).

32. Se ha determinado una serie de mecanismos teóricos de formación de acrilamida, comprendida la vía exclusiva de los aminoácidos, de intermedios de acroleína, intermedios de ácido acrílico y precursores de la reacción de Maillard.²⁵ La vía que parece explicar la mayor parte de la acrilamida presente en casi todos los alimentos en que se ha encontrado esta sustancia suponen una reacción química producida a alta temperatura, llamada reacción de Maillard, entre el aminoácido asparagina y algunos azúcares reductores, elementos ambos que aparecen naturalmente en los alimentos.^{21-25,67,68} Los alimentos que tienen un abundante contenido de estos precursores proceden en gran parte de vegetales, es decir, papas y cereales.⁶⁹ Otros precursores que se han indicado como responsables de una parte de la acrilamida presente en los alimentos son la 3-aminopropionamida, el ácido acrílico y el amoniaco.^{26,27}

33. A partir de estudios mecanísticos se han hipotizado otras trayectorias de formación de acrilamida en los alimentos:^{26,27} a) al calentar la asparagina o la glutamina a 180°C se forma acrilamida por degradación térmica, aunque estas sustancias estén presentes en niveles mínimos, b) el amoniaco producido por aminoácidos alfa mediante degradación de Strecker reacciona con ácido acrílico, formado a partir de acroleína en la degradación de lípidos o de ácido aspártico por una vía análoga,⁷⁰ c) un radical de ácido acrílico por aplicación de calor a alta temperatura de la acroleína reacciona con un radical amino formado por calentamiento de un aminoácido a elevada temperatura, y d) la 3-aminopropionamida formada por decarboxilación enzimática de la asparagina (por ejemplo en las papas), se degrada y convierte en acrilamida durante la aplicación de calor.

34. También se ha encontrado acrilamida en el café, en aceitunas negras maduras de lata, frutos secos, chocolate, algunos productos de pescado y de carne, hortalizas asadas (pimientos, cebollas, brócoli) y ciruelas pasas.^{71,74,75} El descubrimiento de la presencia de acrilamidas en las aceitunas y las ciruelas pasas fue imprevisto, y los mecanismos a través de los cuales se forman en estos alimentos no se ha establecido.⁷² Otros factores, como la utilización de gluconato ferroso, pueden intervenir en la formación de acrilamida en las aceitunas negras de lata,⁷⁴ pero esto no se ha podido confirmar.

35. Los resultados de los estudios sobre los efectos de la preparación casera indicaron que aparece acrilamida en algunos alimentos de elaboración doméstica, como las papas fritas y el pan tostado, pero que los niveles de esta sustancia pueden reducirse al mínimo (se examinan en la sección sobre disminución de estos niveles).⁷⁶ La Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU. también ha analizado la acrilamida en cientos de muestras de alimentos de su estudio total sobre la alimentación, que comprende alimentos preparados por los consumidores.⁵⁴ En los Estados Unidos y en el Reino Unido está investigándose la formación de acrilamida durante la preparación casera de los alimentos.^{28,76,77}

36. La formación de acrilamida en otros grupos de alimentos sigue investigándose. En el café, la formación de acrilamida muestra una pauta diferente a la de algunos productos tratados con calor, y cerca del 70 por ciento de la acrilamida que se forma se "pierde" o degrada durante el tostado.⁷⁵ Estudios sobre la estabilidad de la acrilamida en los alimentos han revelado que la acrilamida no es estable en algunos alimentos con el tiempo. Se ha observado que los niveles de acrilamida disminuyen en el café, el cacao, las galletas, el pan de jengibre y el regaliz durante el almacenamiento.^{74,78-80}

DISMINUCIÓN DE LOS NIVELES DE ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS

37. Esta sección del documento de debate tiene como objetivo servir de base para la futura elaboración de un código de prácticas. Las secciones que siguen indican una serie de factores que repercuten en la formación de acrilamida, y destacan algunos que se deberían tomar en cuenta al elaborar estrategias para reducir al mínimo los niveles de acrilamida en los alimentos. Todo efecto adicional que esas medidas pudieran producir en las características de un alimento debería evaluarse al utilizar estas medidas para reducir los niveles de acrilamida en un alimento determinado. En particular, las características que es necesario tomar en cuenta son la inocuidad respecto a los microbios, las propiedades organolépticas, la calidad nutricional y otros cambios químicos.

Factores que repercuten en la formación de acrilamida

38. Los factores que repercuten en la formación de acrilamida se han caracterizado principalmente en los alimentos elaborados con papas y cereales. Los principales factores determinados son la presencia de precursores de la acrilamida (sobre todo asparagina y azúcares reductores), la temperatura y el tiempo de cocción, y otras condiciones de reacción o parámetros, como el pH, la actividad del agua, la superficie y el alcance del dorado. Algunos de estos factores pueden manipularse para reducir los niveles de acrilamida.

39. En los alimentos elaborados con papas, la cantidad de azúcares reductores es un factor decisivo en la formación de acrilamida, mientras que los niveles de asparagina son menos importantes. Diversos factores repercuten en el contenido de azúcar de las papas, como la variedad, la temperatura durante el cultivo, la humedad del suelo y las condiciones de almacenamiento.¹⁷ El tipo de cultivo y las condiciones de almacenamiento son factores decisivos en la determinación de la cantidad de azúcares reductores.^{16-18, 81-86} Varios grupos de investigación^{83, 85} han descubierto que los niveles de azúcares reductores en una serie de variedades de papas variaba por un factor de 32, mientras que el contenido de asparagina libre variaba poco. Se ha documentado que el almacenamiento a baja temperatura (de 4° a 6°C), incluso durante períodos breves, puede incrementar espectacularmente los niveles de azúcar en las papas.^{16, 75, 84} Se ha documentado que incluso las variedades de papa que tienen niveles bajos de azúcar pueden sufrir incrementos considerables de los niveles de azúcar durante el almacenamiento a baja temperatura.⁸⁴ La industria de papas elaboradas almacena las papas a temperaturas de entre 6° y 8°C (papas para elaboración a la francesa), o a temperaturas de entre 8° y 10°C (papas para elaborar papas crujientes) durante períodos largos (de hasta 9 meses) a fin de evitar que aumente el azúcar.⁷⁵ En la industria de la elaboración de la papa, ésta se reconstituye durante dos o tres semanas después de un período prolongado de almacenamiento a temperaturas de entre 6° y 8°C. Esta reconstitución reduce los niveles de azúcar al incrementarse la respiración.⁷⁵

40. En los alimentos elaborados con cereales, los niveles inherentes de azúcares reductores son inferiores y están menos sujetos a variación que en las papas.⁸⁷ Los niveles de asparagina en la materia prima aunados al método de elaboración parecen ser la principal determinante de la cantidad de acrilamida que aparece en el producto final.^{75, 87}

41. La combinación de temperatura y duración de la cocción también repercute en el nivel de acrilamida presente en los alimentos. Se ha indicado que cuando la temperatura de elaboración de un alimento supera los 120°C, la velocidad de formación de acrilamida aumenta rápidamente con la temperatura en un margen limitado.⁸⁸ A temperaturas superiores a 160°-170°C, la tasa de eliminación de la acrilamida aumenta significativamente en algunos alimentos y sistemas modelo.^{17, 23} Si bien la reducción de la exposición a altas temperaturas o prolongados períodos de cocción a menudo reduce los niveles de acrilamida, no siempre está claro si reducir el tiempo o la temperatura es lo que produce un mayor efecto o si es lo más adecuado, ya que se han documentado resultados diversos para distintos alimentos. Por ejemplo, se documentaron niveles más altos de acrilamida con tiempo de cocción más breve/temperaturas más altas en el caso de las frituras chinas⁵² y de las papas a la francesa al horno o fritas.¹⁶ En cambio, se documentaron niveles más elevados de acrilamida en la cocción de pan de jengibre durante un período más prolongado a menor temperatura.⁸³ Además, puede no ser posible reducir el tiempo y la temperatura más allá de cierto límite sin afectar el interés o la calidad de los alimentos. Por ejemplo, al reducir la temperatura con que se fríen las papas a la francesa se puede reducir su contenido de acrilamida, pero también puede aumentar su contenido de grasa.¹⁶ Por último, al incrementarse el tiempo de cocción también se ha demostrado que se reduce el contenido de acrilamida en algunos productos, al promover la eliminación de la acrilamida.^{75, 87}

42. Otros factores que se ha demostrado que repercuten en la formación de acrilamida son el pH, la actividad del agua, el tamaño de la superficie y la medida del dorado. Las condiciones óptimas para la formación de acrilamida a partir de asparagina parecen ser con un pH de 7-8, y los investigadores han analizado la capacidad de diversos ácidos (como el ácido cítrico) de reducir la formación de acrilamida en los alimentos tratados con calor.^{18, 89, 90}

43. La medida en que se dora la superficie de algunos alimentos cocidos (como la costra del pan, el pan tostado y las papas) parece relacionarse con los niveles de acrilamida presentes en un determinado producto, y cocinar los alimentos en condiciones que limiten el dorado de la superficie podría traducirse en menor formación de acrilamida en ese determinado producto.⁹¹⁻⁹³ Si bien se ha observado una correlación entre el color de los alimentos y el nivel de acrilamida en algunos productos, tal vez no sea posible establecer una regla general para todos los productos. La extensión de la superficie se relaciona con el dorado en que a mayor superficie mayor es la parte en que pueden producirse las reacciones del dorado a través de las cuales se forma la acrilamida, y al reducir la superficie podría limitarse la formación de acrilamida.⁹¹

44. Se han indagado los efectos de diversos aditivos para reducir la formación de acrilamida en los productos de papa, pero estos estudios todavía se consideran preliminares.⁷⁶ Entre los aditivos que pueden reducir la acrilamida están los ácidos cítrico y láctico, los aminoácidos, el romero, el cloruro de calcio, el fitato y una mezcla de especies de flavonoides.^{17,18,24,76,94,95} La utilización de asparaginasa ha reducido en gran medida y con eficacia los niveles de acrilamida en las escamas de papa y en las papas a la francesa, pero se estima que faltan varios años para que se comercialice.^{25,68} La producción comercial de asparaginasa depende de dos patentes que están en examen actualmente. Una autoridad adecuada tendría que aprobar la utilización de asparaginasa como coadyuvante en la elaboración de alimentos. Otros aditivos, como el BHT, el sesamol y la vitamina E parecen favorecer la formación de acrilamida en la carne.⁹⁶ Asimismo, la formación de acrilamida parece aumentar cuando se añade aceite vegetal a las papas, y se cree que este efecto se debe a los antioxidantes que contiene el aceite.⁹⁶

45. Se ha descubierto que el aceite para cocinar utilizado en la elaboración no produce diferencias significativas en la formación de acrilamida en los alimentos fritos.⁹⁷

Estrategias para reducir la formación de acrilamida en los alimentos

46. Se puede alterar algunos parámetros o factores que se sabe que repercuten en la formación de acrilamida, a fin de reducir el contenido de acrilamida en el producto final. En esta sección se contemplan algunas de estas modificaciones. La Confederación de Industrias Agroalimentarias (CIAA) ha elaborado un "juego de herramientas" que consiste de medidas aplicables a grupos específicos de alimentos. Estas herramientas presentan posibles métodos para reducir la acrilamida en los ámbitos de: los parámetros naturales (es decir, factores agronómicos, parámetros biológicos y químicos de las materias primas), la composición de los productos (modificar las recetas), las condiciones de elaboración (por ejemplo el calor aplicado o el tratamiento previo del producto, o los ingredientes), y la evaluación del efecto de estos métodos en las características del producto final (sabor, color, duración, etc.).⁷⁵ Este enfoque se presentó con detalle en una reunión de partes interesadas de la Comisión Europea, celebrada en enero de 2005, y aprovecha los adelantos anteriores en materia de medios para reducir los niveles de acrilamida formados en los alimentos, según se señaló en la reunión de partes interesadas de la Comisión Europea de octubre de 2003.^{77, 87}

Productos elaborados con papa

47. Las estrategias para reducir al mínimo la formación de acrilamida en los productos de papa consisten en bajar los niveles de azúcares reductores precursores en el tubérculo de la papa, y reducir al mínimo la conversión de estos azúcares en acrilamida durante el tratamiento con calor. Las estrategias incluyen la selección de variedades de papa que contengan niveles bajos de azúcares reductores, almacenamiento de las papas a temperaturas de entre 8° y 10°C o más elevadas, y utilización de temperaturas y tiempos de cocción moderados.^{17, 84}

48. La elección de la variedad de papa para elaboración comercial y para la venta minorista de papas frescas depende de la utilización de la papa. La industria alimentaria selecciona las papas que tienen características específicas, como niveles bajos de azúcares reductores para preparar papas crujientesⁱⁱⁱ o papas a la francesa^{iv}, ya que así se obtiene un producto de color más claro.^{16,81,85} En general, debería considerarse como una parte de la estrategia para reducir al mínimo la presencia de acrilamida en los alimentos la utilización de papas que tienen un bajo contenido de azúcares reductores en los procedimientos de cocción que pueden formar acrilamida, como cuando se fríen o asan.^{81, 83}

ⁱⁱⁱ Aperitivo de papa en rebanadas delgadas y fritas (comprende los alimentos denominados hojuelas de papa en algunas regiones, incluso en América del Norte).

^{iv} Productos de papa en cortes más gruesos (llamadas papas a la francesa en algunas regiones, incluso en América del Norte, o papas fritas en el Reino Unido).

49. Dado que el almacenamiento por debajo de 6°-10°C promueve la formación de azúcares reductores, la acrilamida puede reducirse al mínimo evitando almacenar papas en condiciones de refrigeración (entre 4° y 6°C) si fueran a utilizarse para freír, asar o algún otro procedimiento de cocción a alta temperatura.^{81, 83, 84, 93, 97} Debería contemplarse el almacenamiento a temperaturas de entre 8° y 10°C, o superiores, de la granja al consumo, ya que la refrigeración, incluso por períodos breves (por ejemplo, varios días) puede incrementar los niveles de azúcar.^{16,84} Debería considerarse informar al consumidor sobre las condiciones de almacenamiento de las papas, incluso sobre almacenamiento sin refrigeración.⁸¹ La consideración de utilizar la temperatura de almacenamiento para controlar los niveles de azúcar necesita ponderarse respecto a la función positiva del almacenamiento a baja temperatura que contribuye a evitar la germinación y enfermedades, además de que permite disponer de papas durante todo el año y reducir el nivel de residuos de sustancias químicas para evitar la germinación.^{84, 98}

50. Remojar o escaldar en agua las papas que vayan a freírse o asarse reducirá los niveles de acrilamida en el producto final porque así se eliminan los precursores de la acrilamida.^{16,76} Sin embargo, este tratamiento puede demorar el dorado y hacer que se prolongue la cocción, lo que produce niveles similares de acrilamida.^{16,97} Un enjuague ácido, con vinagre y agua⁷⁶ o con ácido cítrico¹⁶ puede contribuir a reducir la acrilamida, si bien la cantidad que debe añadirse para que estos tratamientos sean eficaces también puede afectar el sabor o la textura y producir un efecto negativo en la calidad del aceite para cocinar. Escaldar es un procedimiento normal en la elaboración de papas a la francesa para regular los niveles de azúcar en la superficie del producto. En la creación de estrategias para reducir al mínimo los niveles de acrilamida en estos productos, es necesario considerar otros efectos de remojar las papas antes de freírlas. Por ejemplo, se sabe que las papas pierden vitamina C al remojarlas en agua, y precocerlas o remojarlas antes de freírlas o asarlas puede incrementar el contenido de grasa en el producto final.

51. Los niveles de acrilamida en los productos fritos o asados también pueden reducirse disminuyendo la superficie, por ejemplo, cortando las papas en rebanadas más gruesas o eliminando las partes delgadas antes o después de freírlas.^{16, 91, 97}

52. Los niveles de acrilamida también pueden controlarse evitando un dorado excesivo.^{91,92} El acabado de las papas a la francesa que se comentó es cuando están crujientes y doradas, y ligeramente tostadas en las puntas o los bordes.^{16, 76} o de color dorado-amarillo, sin tostarse en la superficie.⁸⁷

53. También puede contribuir a reducir los niveles de acrilamida aplicar menos calor durante la cocción, ya sea disminuyendo las temperaturas de cocción o la duración de ésta.^{16,76,87} Utilizar temperaturas más bajas para hacer papas a la francesa puede contribuir a reducir los niveles de acrilamida evitando que ésta aumente rápidamente al final del proceso de cocción, en particular a temperaturas más elevadas, cuando es fácil superar las condiciones ideales de cocción.^{16,97} Sin embargo, las temperaturas de cocción más bajas pueden no traducirse en contenidos inferiores de acrilamida en todos los alimentos y en todas las condiciones (por ejemplo: ^{52,91}), incluso cuando se incrementa el tiempo de cocción para compensar el uso de temperaturas más bajas.⁷⁶ El tostado es un criterio más importante que tomar en cuenta al preparar papas a la francesa.⁷⁶ Las temperaturas más bajas del aceite también pueden incrementar los niveles de humedad y de aceite en los productos fritos finales, y producir posibles problemas de calidad y sanidad de los alimentos.^{16, 87}

54. Debería examinarse la práctica de bañar en azúcar las papas para dar a los productos precocidos (como las papas a la francesa) un color dorado uniforme, ya que el azúcar que se utiliza en este procedimiento puede propiciar la formación de acrilamida.⁸⁷

Productos de cereales

55. Las temperaturas y el tiempo de horneado también son objetivos importantes para reducir los niveles de acrilamida en los productos elaborados con cereales. Por regla general, el horneado de productos de cereales debería proceder hasta obtenerse los niveles adecuados de humedad y un tostado mínimo en la corteza o la superficie.⁷⁶ Reducir estos parámetros podría disminuir los niveles de acrilamida en algunos productos, pero en otros productos, un tiempo más prolongado de horneado y temperaturas más elevadas podrían reducir los niveles de acrilamida (debido a la eliminación de la acrilamida formada anteriormente), y los productores tendrán que evaluar las condiciones de horneado de cada producto.⁸⁷ La necesidad de mantener niveles bajos de humedad en los productos secos y crocantes (como el pan crocante) a fin de mantener la textura deseada y evitar la descomposición, es un importante factor que es necesario tomar en cuenta respecto a estos productos.⁸⁷

56. Utilizar ingredientes que tengan niveles bajos de asparagina o niveles bajos de azúcares reductores puede contribuir a reducir los niveles de acrilamida en los productos de cereales terminados.^{87,89,92} La utilización de esos ingredientes puede introducir otros problemas, por ejemplo, sustituir los azúcares reductores con azúcares no reductores podría repercutir en el color y el sabor, como en el caso del pan de jengibre.⁸⁹ Además, se ha señalado que las harinas no refinadas (que conservan el salvado) pueden producir niveles más altos de acrilamida que las harinas refinadas. De todas formas, esas harinas tienen mayores propiedades nutritivas.^{75,87} No existe por el momento estrategia alguna para reducir el contenido de asparagina libre en los ingredientes de cereales.^{87,92} Como estrategia a largo plazo podría alentarse a los fitomejoradores a supervisar la asparagina y a considerar un contenido bajo de asparagina como característica conveniente.⁷⁵

57. Utilizar otras sustancias en vez de bicarbonato de amonio como leudante en los productos de panadería dulces también podría reducir los niveles de acrilamida en estos productos, ya que se ha demostrado que contribuye a la formación de niveles elevados de acrilamida.^{87,89} Estos cambios pueden repercutir en el sabor de los productos y requerir que se modifiquen otros ingredientes.^{79, 89}

58. Parece ser que los niveles de acrilamida en el pan tostado aumentan con el color.^{48, 75, 76}

59. Varían mucho los niveles de acrilamida entre distintos lotes de los mismos cereales para el desayuno elaborados en las mismas condiciones. Los beneficios de las modificaciones que se han probado hasta ahora no han sido tan grandes como la variación entre lotes. Se necesita conocer mejor los mecanismos de formación para hacer reducciones sostenidas en los niveles de acrilamida.⁹³

60. La variación del contenido medio de asparagina entre la cosecha de un año y la del siguiente puede repercutir en la medida en que se forme acrilamida en los cereales para el desayuno.⁷⁵

Estrategias actuales de los gobiernos para moderar los niveles de acrilamida

61. Entre las estrategias de los gobiernos y las organizaciones gubernamentales para moderar los niveles de acrilamida cabe mencionar: dar información al consumidor (Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, FAO/OMS), hacer investigación para elaborar medidas de evaluación y gestión de riesgos²⁸ y llevar a cabo programas iniciados por el gobierno para moderar los niveles de acrilamida (por ejemplo, en Alemania).^{100, 101}

62. En América del Norte, tanto la Administración de Alimentos y Medicamentos como el Departamento de Salud del Canadá recomendaron a los consumidores no realizar cambios importantes en su alimentación sino mantener una alimentación equilibrada, conforme a las recomendaciones del gobierno. La Administración de Alimentos y Medicamentos recomienda que en tanto que no se tenga más información, se siga llevando una alimentación equilibrada, con una variedad de alimentos que contengan grasas trans y grasas saturadas, así como cereales con abundancia de fibra, fruta y hortalizas.^{47, 102}

63. La consulta FAO/OMS sobre la acrilamida recomendó a los consumidores no cocinar en exceso los alimentos, durante demasiado tiempo ni a temperaturas demasiado elevadas. La consulta recomendó también cocinar bien todos los alimentos, en particular la carne y los productos de carne, para destruir los patógenos de origen alimentario, como las bacterias y los virus. La consulta recomendó asimismo consumir una alimentación equilibrada y variada, que incluya abundante fruta y hortalizas, y moderar el consumo de alimentos fritos y grasos.⁸

64. En Alemania se introdujo un "concepto de reducción al mínimo" en agosto de 2002, a través del cual se han creado "niveles de aviso" que se calcula con regularidad en determinados alimentos. Cuando la supervisión de estos niveles de acrilamida en los alimentos revela que no se están respetando los niveles, se pide a los productores reducirlos en sus productos. En Alemania también se ha ofrecido orientación al consumidor para freír y asar papas.¹⁰⁰

65. En el Japón, el Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar hizo a los consumidores las mismas recomendaciones que la consulta de la FAO/OMS sobre la acrilamida. Está en curso un proyecto de investigación por iniciativa del gobierno, con el objetivo de reducir la formación de acrilamida en los alimentos elaborados y de atenuar la toxicidad de la acrilamida.

ACTIVIDADES INTERNACIONALES

66. En el cuadro 3 se resumen algunas importantes actividades relacionadas con la acrilamida.

Cuadro 3: Resumen de actividades internacionales sobre la acrilamida

2002	Consulta FAO/OMS sobre las repercusiones para la salud producidas por la acrilamida en los alimentos ⁸
En curso	Infonet FAO/OMS sobre la acrilamida ²⁸
Noviembre de 2003	Taller de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria sobre la formación de acrilamida en los alimentos ¹⁰³
Marzo de 2004	Sociedad Química de los Estados Unidos, simposio sobre "Química e inocuidad de la acrilamida en los alimentos" ¹⁰⁴
Abril de 2004	2º taller del JIFSAN sobre acrilamida en los alimentos ¹⁰⁵
En curso	Base de datos del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea sobre los niveles de acrilamida en la Unión Europea ⁴⁶
2002—en curso	Plan de acción de la Agencia de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU. sobre la acrilamida en los alimentos ⁴⁰ , Base de datos de los niveles de acrilamida en los alimentos en los Estados Unidos ^{7, 54}
En curso	Proyecto HEATOX del Programa marco de investigación de la Comisión Europea ^{45, 106}
Enero de 2005	Reunión de la Comisión Europea de expertos y partes interesadas sobre la acrilamida en los alimentos ⁷⁷
Febrero de 2005	Evaluación del JECFA sobre la acrilamida en los alimentos ¹⁰⁷

CONCLUSIONES

67. Se ha realizado abundante investigación internacional sobre la toxicología, metodología analítica, formación y posibles métodos para reducir la acrilamida presente en los alimentos.

68. No se tiene seguridad sobre las repercusiones para la salud pública de la acrilamida presente en los alimentos. Para afrontar mejor el riesgo de la acrilamida, el JECFA comenzó a estudiar este tema en 2005. Los resultados de esta evaluación de la acrilamida en los alimentos se utilizarán para informar el riesgo para la salud pública y, por lo tanto, la gestión de riesgos.

69. Si bien todavía no hay seguridad sobre el riesgo que representa la acrilamida en los alimentos ni sobre los efectos generales de las opciones de gestión de los riesgos, los gobiernos y las organizaciones han comenzado a recomendar que se hagan algunas modificaciones a las técnicas de elaboración de los alimentos, susceptibles de reducir la formación de acrilamida. Es importante que toda modificación sugerida para reducir los niveles de acrilamida no repercuta negativamente en la inocuidad de los alimentos y de la alimentación comprometiendo las propiedades nutricionales o la inocuidad microbiológica de los alimentos (por ejemplo, incrementando el contenido de grasas). Además, no se sabe suficiente sobre todas las vías a través de las cuales se forma la acrilamida, para poder determinar las modificaciones útiles para todos los alimentos.

70. La consulta FAO/OMS de junio de 2002 concluyó que la presencia de acrilamida en los alimentos es motivo importante de preocupación, y recomendó investigar más los mecanismos de formación y la toxicidad de esta sustancia. La consulta recomendó que las personas sigan consumiendo una alimentación equilibrada, con abundante fruta y hortalizas, y que no se cocinen en exceso los alimentos, es decir, durante mucho tiempo ni a temperaturas muy elevadas. Señaló, con todo, la importancia de cocer bien los alimentos, en particular la carne y los productos cárnicos, a fin de destruir los patógenos de origen alimentario (bacterias, virus, etc.) que pudieran contener.

RECOMENDACIÓN

71. Se recomienda que el CCFAC examine la evaluación de 2005 del JECFA sobre la acrilamida en los alimentos antes de que se siga elaborando el presente documento de debate o se examinen otras opciones de gestión de riesgos.

REFERENCIAS

1. CX/FAC 04/36/34, CCFAC, diciembre de 2003. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac36/fa36_34s.pdf .
2. ALINORM 04/27/12, 36ª CCFAC, marzo de 2004. <http://www.codexalimentarius.net/web/archives.jsp?lang=es>.
3. Administración Nacional de los Alimentos de Suecia. *Analytical methodology and survey results for acrylamide in foods*. <http://www.slv.se/engdefault.asp>. 2002.
4. Autoridad de Vigilancia de los Alimentos de Noruega. *Results of acrylamide in the Norwegian food samples*. <http://www.snt.no>. 2002.
5. Oficina Federal de Salud Pública de Suiza. *Acrylamide in foods*. <http://www.bag.admin.ch/>. 2004.
6. Organismo de Normas Alimentarias del Reino Unido (UK FSA). *UK FSA study of acrylamide in food*, 17 de mayo de 2002. www.food.gov.uk. 2002.
7. Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (U.S. FDA). *Exploratory data on acrylamide in food*. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.html>. 2004.
8. Organización Mundial de la Salud. *Health Implications of Acrylamide in Food*. http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/acrylamide_june2002/en/ 2002.
9. Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer. *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans: Acrylamide*. [60], 389-433. 1994. Lyon, Francia, Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer.
10. Bergmark,E. "Hemoglobin adducts of acrylamide and acrylonitrile in laboratory workers, smokers and nonsmokers". *Chem. Res. Toxicol.* 10, 78-84 (1997).
11. Bergmark,E., Calleman,C.J., He,F., y L.G. Costa. "Determination of hemoglobin adducts in humans occupationally exposed to acrylamide". *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 120, 45-54 (1993).
12. Comisión Europea. *Risk Assessment of acrylamide* (CAS No. 79-06-1, EINECS No. 201-173-7). Informe de una evaluación de riesgos preparada por el Reino Unido para la Unión Europea en el ámbito del Reglamento (CEE) 793/93 del Consejo sobre la evaluación y control de riesgos de las sustancias "existentes". <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>. <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>. 2002.
13. Instituto Mixto de Inocuidad de los Alimentos y Nutrición Aplicada (JIFSAN). *JIFSAN 2004 Acrylamide in Food Workshop summary report on exposure and biomarkers*. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg3_report.pdf . 2004.
14. Collins,J.J., Swaen,G.M., Marsh,G.M., Utidjian,H.M., Caporossi,J.C. y L.J. Lucas,. "Mortality patterns among workers exposed to acrylamide". *J. Occup. Med.* 31, 614-617 (1989).
15. Marsh,G.M., Lucas,L.J., Youk,A.O., y L.C. Schall,. "Mortality patterns among workers exposed to acrylamide": 1994 continuación. *Occup. Environ. Med.* 56, 181-190 (1999).
16. Grob,K., Biedermann,M., Biedermann-Brem,S., Noti,A., Imhof,D., Amrein,T., Pfefferle,A. y D. Bazzocco. "French fries with less than 100 g/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysts. Eur". *Food Res. Technol.* 217, 185-194 (2003).
17. Biedermann,M., Noti,A., Biedermann-Brem,S., Mozzetti,V. y K. Grob. "Experiments on acrylamide formation and possibilities to decrease the potential of acrylamide formation in potatoes". *Mitt. Lebensm. Hyg.* 93, 668-687 (2002).
18. Rydberg,P., Eriksson,S., Tareke,E., Karlsson,P., Ehrenberg,L. y M. Tornqvist. "Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuffs". *J Agric Food Chem.* 51, 7012-7018 (2003).
19. Tareke,E., Rydberg,P., Karlsson,P., Eriksson,S. y M. Tornqvist. "Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs". *J Agric Food Chem.* 50, 4998-5006 (2002).
20. Tareke,E., Rydberg,P., Karlsson,P., Eriksson,S., y M. Tornqvist. "Acrylamide: a cooking carcinogen?" *Chem. Res Toxicol.* 13, 517-522 (2000).
21. Stadler,R.H., Blank,I., Varga,N., Robert,F., Hau,J., Guy,P.A., Robert,M.C. y S. Riediker. "Acrylamide from Maillard reaction products". *Nature.* 419, 449-450 (2002).
22. Sanders,R.A., Zyzak,D.V., Stojanovic,M., Tallmadge,D.H., Eberhart,B.L. y D.K. Ewald. *An LC/MS acrylamide method and its use in investigating the role of asparagine*, Presentación en la 116ª Reunión Internacioanl de la AOAC, Los Angeles, California, septiembre 22-26, 2002.

23. Mottram,D.S., Wedzicha,B.L. y A.T. Dodson. "Acrylamide is formed in the Maillard reaction". *Nature*. 419, 448-449 (2002).
24. Becalski,A., Lau,B.P., Lewis,D. y S.W. Seaman. "Acrylamide in foods: occurrence, sources, and modeling". *J Agric Food Chem*. 51, 802-808 (2003).
25. Instituto Mixto de Inocuidad de los Alimentos y Nutrición Aplicada (JIFSAN). *JIFSAN 2004 Acrylamide in Food Workshop summary report on mechanisms of formation and methods of mitigation*. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg1_report.pdf. 2004.
26. Granvogl,M., Jezussek,M., Koehler,P. y P. Schieberle. "Quantitation of 3-aminopropionamide in potatoes-a minor but potent precursor in acrylamide formation". *J Agric Food Chem*. 52, 4751-4757 (2004).
27. Yasuhara,A., Tanaka,Y., Hengel,M. y T. Shibamoto. "Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems". *J Agric Food Chem*. 51, 3999-4003 (2003).
28. FAO/OMS. FAO-WHO Acrylamide in Food Network (Acrylamide Infonet). <http://www.acrylamide-food.org/index.htm>. 2004.
29. Twaddle,N.C., Churchwell,M.I., McDaniel,L.P. y D.R. Doerge. Autoclave sterilization produces acrylamide in rodent diets: implications for toxicity testing. *J Agric Food Chem*. 52, 4344-4349 (2004).
30. Twaddle, N.C., McDaniel, L.P., Gamboa da Costa,G., Churchwell,M.I., Beland,F.A. y D.R. Doerge. "Determination of acrylamide and glycidamide serum toxicokinetics in B6C3F1 mice using LC-ES/MS/MS". *Cancer Lett*. 207, 9-17 (2004).
31. Gamboa da Costa,G., Churchwell, M.I., Hamilton, L.P., Von Tungeln, L.S., Beland, F.A., Marques, M.M. y D.R. Doerge. "DNA adduct formation from acrylamide via conversion to glycidamide in adult and neonatal mice". *Chem. Res. Toxicol*. 16, 1328-1337 (2003).
32. Doerge, D.R., Young,J.F., McDaniel,L.P., Twaddle,N.C. y M.I. Churchwell. "Toxicokinetics of acrylamide and glycidamide in B6C3F1 mice". *Toxicol. Appl. Pharmacol*. 202, 258-267 (2005).
33. Maniere, I., Godard, T., Doerge,D.R., Churchwell, M.I., Guffroy, M., Laurentie, M. y J.M. Poul. "DNA damage and DNA adduct formation in rat tissues following oral administration of acrylamide". *Mutat. Res*. 580, 119-129 (2005).
34. Instituto Mixto de Inocuidad de los Alimentos y Nutrición Aplicada (JIFSAN). *JIFSAN 2004 Acrylamide in Food Workshop summary report on toxicology and metabolic consequences*. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg4_report.pdf. 2004.
35. Comité Científico de Alimentación de la Unión Europea. *Opinion of the EU Scientific Committee on Food on new findings regarding the presence of acrylamide in food*, 3 de julio de 2002. http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out131_en.pdf. 2002.
36. Bull, R.J., Robinson, M., y J.A. Stober. "Carcinogenic activity of acrylamide in the skin and lung of Swiss-ICR mice". *Cancer Lett*. 24, 209-212 (1984).
37. La OMS celebra una consulta urgente de expertos sobre la acrilamida en los alimentos después de los resultados obtenidos por la Administración Nacional de Alimentos de Suecia. *Cent. Eur. J Public Health* 10, 162-173 (2002).
38. Segerback, D., Calleman, C.J., Schroeder, J.L., Costa, L.G. y E.M. Faustman. "Formation of N-7-(2-carbamoyl-2-hydroxyethyl)guanine in DNA of the mouse and the rat following intraperitoneal administration of [¹⁴C]acrylamide". *Carcinogenesis*. 16, 1161-1165 (1995).
39. Programa Nacional de Toxicología. *NTP-CERHR expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of acrylamide*. http://cerhr.niehs.nih.gov/news/acrylamide/final_report.pdf. 2004.
40. Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (U.S. FDA). *FDA Action Plan for Acrylamide in Food*. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrypla3.html>. 2004.
41. Musser, S.M. *Detection and occurrence of acrylamide in U.S. foods*, Presentación ante la reunión del Comité de Asesoramiento sobre Contaminantes y el Subcomité de Tóxicos Naturales, de la Agencia de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU., College Park, Md., diciembre 4-5, 2002. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryage2.html>. 2002.
42. Wenzl, T., De La Calle, M.B. y E. Anklam. "Analytical methods for the determination of acrylamide in food products: a review". *Food Addit. Contam.* 20, 885-902 (2003).

43. Wenzl, T., De La Calle, M.B., Gatermann, R., Hoenicke, K., Ulberth, F. y E. Anklam. "Evaluation of the results from an inter-laboratory comparison study of the determination of acrylamide in crispbread and butter cookies". *Anal. Bioanal. Chem.* 379, 449-457 (2004).
44. Instituto Mixto de Inocuidad de los Alimentos y Nutrición Aplicada (JIFSAN). JIFSAN 2004 *Acrylamide in Food Workshop summary report on analytical methodology*. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg2_report.pdf. 2004.
45. HEATOX (Heat generated food toxicants: identification, characterization, and risk minimization): Proyecto CE FOOD_CT-2003-506820-STREP. www.heatox.org. 2003.
46. Centro Común de Investigación (JCR) de la CE: Instituto de Materiales de Referencia y Medidas. Monitoring database on acrylamide levels in food. http://www.irmm.jrc.be/ffu/acrylamidemonitoringdatabase_statusDecember04.xls. 2004.
47. Departamento de Salud del Canadá. *Acrylamide and Food: Questions and Answers*. http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/cs-ipc/chha-edpcs/e_acrylamide_and_food.html. 2003.
48. Ahn, J.S., Castle, L., Clarke, D.B., Lloyd, A.S., Philo, M.R. y D.R. Speck. Verification of the findings of acrylamide in heated foods. *Food Addit. Contam.* 19, 1116-1124 (2002).
49. Ahn, J.S. y L. Castle. "Tests for the depolymerization of polyacrylamides as a potential source of acrylamide in heated foods". *J Agric Food Chem.* 51, 6715-6718 (2003).
50. Ono, H., Chuda, Y., Ohnishi-Kameyama, M., Yada, H., Ishizaka, M., Kobayashi, H. y M. Yoshida. "Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods". *Food Addit. Contam.* 20, 215-220 (2003).
51. Konings, E.J., Baars, A.J., van Klaveren, J.D., Spanjer, M.C., Rensen, P.M., Hiemstra, M., van Kooij, J.A. y P.W. Peters. "Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks". *Food Chem. Toxicol.* 41, 1569-1579 (2003).
52. Leung, K.S., Lin, A., Tsang, C.K., y S.T. Yeung. "Acrylamide in Asian foods in Hong Kong". *Food Addit. Contam.* 20, 1105-1113 (2003).
53. Takatsuki, S., Nemoto, S., Sasaki, K. y T. Maitani. "Determination of acrylamide in processed foods by LC/MS using column switching". *Shokuhin. Eiseigaku. Zasshi.* 44, 89-95 (2003).
54. Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU. (U.S. FDA). *Exploratory data on acrylamide in food: FY03 Total Diet Study results*. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydat2.html>. 2004.
55. Dybing, E., Farmer, P.B., Andersen, M., Fennell, T.R., Lalljie, S.P., Muller, D.J., Olin, S., Petersen, B.J., Schlatter, J., Scholz, G., Scimeca, J.A., Slimani, N., Tornqvist, M., Tuijelaars, S. y P. Verger. "Human exposure and internal dose assessments of acrylamide in food". *Food. Chem. Toxicol.* 43, 365-410 (2005).
56. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)/ Instituto Federal Alemán de Evaluación de Riesgos. *Assessment of acrylamide intake from foods containing high acrylamide levels in Germany*, julio 15, 2003. http://www.bfr.bund.de/cm/245/assessment_of_acrylamide_intake_from_foods_containing_high_acrylamide_levels_in_germany.pdf. 2003.
57. Oficina Federal de Salud Pública de Suiza. *Preliminary communication: Assessment of acrylamide intake by duplicate diet study*. <http://www.bag.admin.ch/verbrau/aktuell/d/DDS%20acrylamide%20preliminary%20communication.pdf>. 2002.
58. Dybing, E. y T. Sanner. "Risk assessment of acrylamide in foods". *Toxicol. Sci.* 75, 7-15 (2003).
59. Agencia Francesa de Inocuidad de los Alimentos (AFSSA). *Acrylamide: Point D'Information N2*. AFSSA-Saisine N 2002-SA-0300. <http://www.afssa.fr/ftp/afssa/basedoc/acrylpoint2sansannex.pdf>. 2003.
60. Svensson, K., Abramsson, L., Becker, W., Glynn, A., Hellenas, K.E., Lind, Y. y J. Rosen. "Dietary intake of acrylamide in Sweden". *Food Chem. Toxicol.* 41, 1581-1586 (2003).
61. DiNovi, M. y D. Howard. *The updated exposure assessment for acrylamide*. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_dinovihoward.pdf. 2004.
62. Agencia de Normas Alimentarias del Reino Unido (UK FSA). "Analysis of total diet study samples for acrylamide". *Food Survey Information Sheet Number 71/05*, January 2005. <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsisbranch2005/fsis7105>. 2005.
63. Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU. (U.S. FDA). *Food Advisory Committee Meeting on Acrylamide*, febrero 24-25, 2003. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryage3.html>. 2003.

64. Schettgen, T., Weiss, T., Drexler, H. y J. Angerer. "A first approach to estimate the internal exposure to acrylamide in smoking and non-smoking adults from Germany". *Int. J Hyg. Environ. Health* 206, 9-14 (2003).
65. Comisión Europea. Directiva 98/83/EC del Consejo, 3 de noviembre de 1998, "On the quality of water intended for human consumption". *Official Journal of the European Communities* L330, 21-29 (1998).
66. Comité Científico de Productos Cosméticos y Productos no alimentarios. *Opinion of the Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products (SCCNFP) intended for consumers concerning acrylamide residues in cosmetics adopted by the plenary session of the SCCNFP of 30 September 1999*. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/sccp/out95_en.html. 1999.
67. Yaylayan, V.A., Wnorowski, A. y L.C. Perez. "Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide". *J. Agric Food Chem.* 51, 1753-1757 (2003).
68. Zyzak, D.V., Sanders, R.A., Stojanovic, M., Tallmadge, D.H., Eberhart, B.L., Ewald, D.K., Gruber, D.C., Morsch, T.R., Strothers, M.A., Rizzi, G.P. y M.D. Villagran. "Acrylamide formation mechanism in heated foods". *J Agric Food Chem.* 51, 4782-4787 (2003).
69. Friedman, M. "Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review". *J Agric Food Chem.* 51, 4504-4526 (2003).
70. Stadler, R.H., Verzeegnassi, L., Varga, N., Grigorov, M., Studer, A., Riediker, S., y Schilter, B. "Formation of vinylogous compounds in model Maillard reaction systems". *Chem. Res. Toxicol.* 16, 1242-1250 (2003).
71. Lingnert, H. "Acrylamide in foods-mitigation options", Presentación en el taller de 2004 del JIFSAN *Acrylamide in Food*, Chicago, Ill., abril 13-15, 2004. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_lingnert.pdf . 2004.
72. Roach, J.A., Andrzejewski, D., Gay, M.L., Nortrup, D. y S.M. Musser. "Rugged LC-MS/MS survey analysis for acrylamide in foods". *J Agric Food Chem.* 51, 7547-7554 (2003).
73. Haase, N.U. y A.G. Kliemant, comunicación personal, 2005.
74. Andrzejewski, D., Roach, J.A., Gay, M.L. y S.M. Musser. "Analysis of coffee for the presence of acrylamide by LC-MS/MS". *J Agric Food Chem.* 52, 1996-2002 (2004).
75. Confederación de Industrias de Alimentos y Bebidas de los EE.UU. (CIAA). *Acrylamide Status Report December 2004: A summary of the efforts and progress achieved to date by the European Food and Drink Industry (CIAA) in lowering levels of acrylamide in food*. 2004.
76. Jackson, L.S. y F. Al-Taher. "Chemistry and Safety of Acrylamide in Food". Eds. Friedman, M. y D.S. Mottram. 447-465 (Springer, Nueva York; 2004).
77. Comisión Europea, Reunión de Partes Interesadas, 14 de enero de 2005. http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acrylamide_en.htm. 2005.
78. Delatour, T., Perisset, A., Goldmann, T., Riediker, S., y R.H. Stadler. "Improved sample preparation to determine acrylamide in difficult matrixes such as chocolate powder, cocoa, and coffee by liquid chromatography tandem mass spectroscopy". *J. Agric. Food Chem.* 52, 4625-4631 (2004).
79. Grothe, K.H., Unbehend, G., Haase, N.U., Ludwig, H.G., Matthäus, B. y K. Vosmann. "Einfluss von Backtriebmitteln auf die Acrylamidgehalte von Braunen Lebkuchen und Mürbkeksen". *Getreidetechnologie* (2005).
80. Hoenicke, K. y R. Gatermann. "Stability of acrylamide in food during storage". *Czech J. Food Sci.* (2004).
81. Biedermann-Brem, S., Noti, A., Grob, K., Imhof, D., Bazzocco, D., y A. Pfefferle. "How much reducing sugar may potatoes contain to avoid excessive acrylamide formation during roasting and baking?" *Eur Food Res Technol* 217, 369-373 (2003).
82. Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Noti, A. y K. Grob. "Methods for determining the potential of acrylamide formation and its elimination in raw materials for food preparation, such as potatoes". *Mitt. Lebensm. Hyg.* 93, 653-667 (2002).
83. Amrein, T.M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M.F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F. y R. Amado. "Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems". *J Agric Food Chem.* 51, 5556-5560 (2003).
84. Noti, A., Biedermann-Brem, S., Biedermann, M., Grob, K., Albisser, P. y P. Realini. "Storage of potatoes at low temperature should be avoided to prevent increased acrylamide formation during frying or roasting". *Mitt. Lebensm. Hyg.* 94, 167-180 (2003).

85. Becalski, A., Lau, B.P., Lewis, D., Seaman, S.W., Hayward, S., Sahagian, M., Ramesh, M. y Y. Leclerc. "Acrylamide in French fries: influence of free amino acids and sugars". *J Agric Food Chem.* 52, 3801-3806 (2004).
86. Chuda, Y., Ono, H., Yada, H., Ohara-Takada, A., Matsuura-Endo, C. y M. Mori. "Effects of physiological changes in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) after low temperature storage on the level of acrylamide formed in potato chips". *Biosci Biotechnol. Biochem.* 67, 1188-1190 (2003).
87. Comisión Europea. *Note of the meeting of experts on industrial contaminants in food, acrylamide workshop, 20-21 October 2003: information on ways to lower the levels of acrylamide formed in food.* http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf. 2003.
88. Brown, R. *Formation, occurrence and strategies to address acrylamide in food*, Presentación ante la reunión del Comité de Asesoramiento sobre Contaminantes y el Subcomité de Tóxicos Naturales, de la Agencia de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU., College Park, Md., febrero 24-25, 2003. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrybrow.html>. 2003.
89. Amrein, T.M., Schonbachler, B., Escher, F. y R. Amado. "Acrylamide in gingerbread: critical factors for formation and possible ways for reduction". *J Agric Food Chem.* 52, 4282-4288 (2004).
90. Jung, M.Y., Choi, D.S. y J.W. Ju. "A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries". *J Food Sci.* 68, 1287-1290 (2003).
91. Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R. y E. Schomig. "Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes". *J Agric. Food Chem.* 52, 2735-2739 (2004).
92. Surdyk, N., Rosen, J., Andersson, R. y P. Aman. "Effects of asparagine, fructose, and baking conditions on acrylamide content in yeast-leavened wheat bread". *J Agric Food Chem.* 52, 2047-2051 (2004).
93. Jackson, L.S., comunicación personal, 2004.
94. Becalski, A., Lau, B.P., Lewis, D. y S. Seaman. *Acrylamide in foods: occurrence and sources*, Presentación en la 116ª Reunión Internacional de la AOAC, Los Angeles, Cal., septiembre 22-26, 2002. 2002.
95. Pariza, M. *Mitigation options: the FRI acrylamide program*, Presentación en el Taller de 2004 del JIFSAN sobre Acrilamida en los Alimentos, Chicago, Ill., abril 13-15, 2004. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_pariza.pdf. 2004. 2004.
96. Tareke, E. *Identification and origin of potential background carcinogens: endogenous isoprene and oxiranes, dietary acrylamide*. 2003. Tesis doctoral, Departamento de Química de la Universidad de Estocolmo.
97. Matthäus, B., Haase, N.U. y K. Vosmann. "Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes". *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 106, 793-801 (2004).
98. Wiltshire, J.J.J. y A.H. & Cobb. "A review of the physiology of potato tuber dormancy". *Ann. Appl. Biol.* 129, 553-569 (2005).
99. Haase, N.U., Matthäus, B. y K. Vosmann. "Aspects of acrylamide formation in potato crisps". *J. Appl. Bot. Food Qual.* 78, 144-147 (2004).
100. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)/ Oficina Federal Alemana de Protección al Consumidor e Inocuidad de los Alimentos. *Concept of minimising acrylamide content in foodstuffs.* <http://www.bvl.bund.de/acrylamid/concept.htm>. 2005.
101. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)/ Oficina Federal Alemana de Protección al Consumidor e Inocuidad de los Alimentos. *Acrylamide--in short.* http://www.bvl.bund.de/acrylamid/index_en.htm?pagetitle=Federal+Office+of+Consumer+Protection+and+Food+Safet y. 2005.
102. Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE.UU. (US FDA). *Acrylamide: Questions and Answers.* <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryfaq.html>. 2003.
103. Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Report of the workshop on acrylamide formation in food, 17 November 2003. http://www.efsa.eu.int/science/ahawdocuments/catindex_en.html. 2003.
104. Friedman, M. y D.S. Mottram, Eds. *Chemistry and Safety of Acrylamide in Food*. (Springer, Nueva York; 2005).
105. Taller del JIFSAN, 2004, Acrilamida en los alimentos: *Update--Scientific Issues, Uncertainties, and Research Strategies*, abril 13-15, 2004. <http://www.jifsan.umd.edu/acrylamide2004.htm>. 2004.

106. Directorado General de Salud y Defensa del Consumidor, Comisión Europea. *Acrylamide in food*. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/fcr/acrylamide/acryl_index_en.html. 2003.

107. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA). Resumen y conclusiones: 64ª reunión, Roma, febrero 8-17, 2005. http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/en/summary_report_64_final.pdf. 2005.