

comisión del codex alimentarius



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA
Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN
MUNDIAL
DE LA SALUD



S

OFICINA CONJUNTA: Viale delle Terme di Caracalla 00153 ROMA Tel: 39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Tema 12 del programa

CX/CF 07/1/15
enero de 2007

**PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS
COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS
1ª reunión**

Beijing (China), 16 al 20 de abril de 2007

**ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA ACRILAMIDA EN
LOS ALIMENTOS**

(N06-2006)

(En el trámite 3 del procedimiento de elaboración)

Se invita a los Gobiernos y a las organizaciones internacionales que deseen remitir sus observaciones sobre el siguiente tema a que envíen dichas observaciones, **a más tardar el 1 de marzo de 2007**, a la atención de la Sra. Tanja Åkesson, Secretaria Holandesa del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos, Telefax: + 31 70 3786141, correo electrónico: info@codexalimentarius.nl, con copia al Secretario, Comisión del Codex Alimentarius, Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia (Telefax: +39.06.5705.4593; correo electrónico: Codex@fao.org).

INFORMACIÓN GENERAL

1. En su 38ª reunión el Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos aprobó iniciar nuevo trabajo para elaborar un Código de Prácticas para la Reducción de la Acrilamida en los Alimentos y convino establecer un Grupo de Trabajo por medios electrónicos para preparar un proyecto inicial de Código de Prácticas (ALINORM 06/29/12) Párr. 185 y Apéndice XXIX)¹.
2. La propuesta de nuevo trabajo fue aprobada por el 29º período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius como N06-2006 (ALINORM 06/29/41, Apéndice VIII)².
3. El Comité del Codex sobre Contaminantes en los Alimentos está invitado a debatir el proyecto inicial de Código de Prácticas para la Reducción de la Acrilamida en los Alimentos preparado por el grupo de trabajo por medios electrónicos que se presenta como Anexo a este documento. El Comité está también invitado a prestar atención al informe del grupo de trabajo por medios electrónicos que se presenta en los párrafos 4 a 8.

INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO POR MEDIOS ELECTRÓNICOS

4. Tal como se convino por el Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos en su 38ª reunión¹, el Grupo de Trabajo electrónico, dirigido por Estados Unidos y el Reino Unido, elaboró el Anteproyecto de Código de Prácticas para la Reducción de la Acrilamida en los Alimentos. Canadá, China, Dinamarca, la Comunidad Europea, Alemania, Indonesia, Japón, Países Bajos, la República de Corea, Suecia, Tailandia, Reino Unido, Estados Unidos, la OMS, CIIA, ICGMA, IFT e INC participaron en el grupo de trabajo por medios electrónicos.
5. Se pidió más información sobre los niveles de acrilamida a los países en desarrollo, especialmente sobre los alimentos nacionales.
6. Este proyecto de Código de Prácticas se desarrolla como un medio para difundir estrategias que faciliten la reducción de acrilamida en los alimentos que son objeto de comercio internacional. El proyecto discute las técnicas de minimización establecidas que se ha demostrado que son efectivas en un entorno comercial. También se debaten varias estrategias posibles que se encuentran todavía en la fase de investigación.
7. El proyecto de Código de Prácticas se concentra principalmente en los alimentos producidos a base de patatas (papas) y cereales, reflejando su importancia desde el punto de vista de la exposición alimentaria a la acrilamida. Se basa en la abundante información disponible sobre estos productos. Si bien el café contribuye también en gran medida a la exposición a la acrilamida, actualmente no se dispone de estrategias efectivas para reducir la presencia en este producto.
8. Este Código de Prácticas se basa en una serie de actividades ya realizadas, como el “Juego de herramientas sobre la acrilamida”, un documento de la Confederación de Industrias Agroalimentarias de la UE (CIAA), que contiene medidas potenciales para reducir el contenido de acrilamida, pertinentes para numerosos sectores alimentarios.³ El juego de herramientas se actualiza con regularidad, a medida que se informa de nuevos conocimientos y progresos en diversos sectores alimentarios.

ANEXO

ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA ACRILAMIDA EN LOS ALIMENTOS

INTRODUCCIÓN

1. La preocupación reciente por la presencia de acrilamida en los alimentos data de 2002. Científicos suecos⁴ revelaron que podían formarse cantidades hasta de mg/kg de acrilamida en alimentos ricos en carbohidratos durante la cocción a elevada temperatura, por ejemplo freír y hornear. Estos resultados fueron confirmados rápidamente por otros investigadores;⁵ y desde entonces se han realizado importantes actividades internacionales para investigar las principales fuentes de exposición alimentaria, evaluar los riesgos para la salud y elaborar estrategias para la gestión de riesgos.^{6,7,8,9,10,11} En el portal FAO/OMS *Acrylamide Information Network* (<http://www.acrylamide-food.org/>) se proporciona información sobre estas iniciativas mundiales de investigación, así como en la base de datos de la Unión Europea de actividades de investigación sobre la acrilamida en los alimentos (http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/acrylamide_en.htm).
2. La acrilamida se forma principalmente en los alimentos por la reacción de la asparagina (que es un aminoácido) con azúcares reductores (particularmente glucosa y fructosa) como parte de la reacción de Maillard;^{12,13} también puede formarse acrilamida *por medio de* reacciones que contienen 3-aminopropionamida.^{14,15} La formación de acrilamida se produce principalmente en condiciones de altas temperaturas (generalmente superiores a 120 °C) y escasa humedad.
3. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA)⁷ ha llevado a cabo un amplio análisis de datos sobre la presencia de acrilamida de 24 países, en su mayoría de Europa y América del Norte, concluyendo que los principales grupos de alimentos contribuidores son las patatas (papas) fritas o a la francesa^a, las patatas (papas) crujientes^b, el café, las galletas^c/pasteles, el pan y los bollos/pan tostado.

TOXICOLOGÍA

4. El JECFA examinó la acrilamida a petición del CCFAC en 2005⁷. En la siguiente sección se resumen las principales conclusiones de la evaluación del JECFA.
5. La acrilamida es una importante sustancia química industrial que se utiliza desde mediados de la década de 1950 como un compuesto químico intermedio en la producción de poliacrilamidas, que se emplean como floculantes para aclarar el agua potable y en otras aplicaciones industriales. La neurotoxicidad de la acrilamida en los seres humanos es conocida por la exposición laboral y accidental. Además, en estudios experimentales con acrilamida en animales se han demostrado propiedades carcinógenas, genotóxicas y reproductivas.
6. El JECFA analizó la presencia de acrilamida en datos de 24 países y datos de la ingestión dietética nacional de 17 países. El comité identificó ingestiones medias de acrilamida que oscilaban entre 0,3 y 2,0 µg/kg de pc/día, con una media de 1 µg/kg de pc/día para la población en general e ingestiones que oscilaban entre 0,6 y 5,1 µg/kg de pc/día, con una media de 4 µg/kg de pc/día para consumidores de alto nivel (percentil 90 – 99°).

^a Productos de patata (papa) en cortes más gruesos y fritos (llamados patatas (papas) a la francesa en algunas regiones, comprendida América del Norte, o patatas (papas) fritas en el Reino Unido).

^b Refrigerio de patatas (papas) fritas en cortes finos y fritos (incluye los alimentos que se llaman patatas (papas) fritas en algunas regiones, comprendida América del Norte).

^c Productos de cereales fritos (llamados galletas en algunas regiones, comprendida América del Norte).

7. Para apreciar el riesgo de cáncer por acrilamida en los alimentos, el JECFA calculó un Límite Inferior de la Dosis de Referencia (LIDR) para la formación de tumores en las glándulas mamarias de estudios de carcinogénesis en roedores y después calculó el margen de exposición (MDE) entre el LIDR y la ingestión de acrilamida del ser humano. Para ingestiones medias (1 µg/kg de pc/día), el MDE fue de 300; para ingestiones elevadas (4 µg/kg de pc/día), el MDE fue de 75. El JECFA consideró que estos márgenes de exposición son bajos para un compuesto genotóxico y cancerígeno, y concluyó que pueden indicar un peligro para la salud humana.
8. El JECFA también calculó los márgenes de exposición para efectos neurológicos de 200 y 50 para las ingestiones medias y elevadas; para los efectos reproductivos, de desarrollo y otros efectos no-neoplásicos, el JECFA calculó los márgenes de exposición de 2000 y 500 para ingestiones medias y elevadas. Con base en estos márgenes de exposición, el JECFA concluyó que es poco probable que se produzcan efectos neurológicos, reproductivos y de desarrollo para el consumidor medio, pero que no podía descartarse que se dieran cambios morfológicos en los nervios en algunos individuos con una ingestión muy elevada.
9. En resumen, el JECFA concluyó que los efectos principales de la acrilamida para la evaluación del riesgo son la genotoxicidad y carcinogénesis. El Comité explicó además que los estudios en curso sobre neurotoxicidad y efectos en el desarrollo neurológico en las ratas definirán con mayor claridad si pueden producirse efectos neurotóxicos y en el desarrollo neurológico a partir de la ingestión a largo plazo de dosis bajas de acrilamida.
10. El JECFA hizo las siguientes recomendaciones:
 - i. la acrilamida debería evaluarse de nuevo cuando se tengan los resultados de los estudios en curso sobre carcinogénesis y sobre neurotoxicidad a largo plazo,
 - ii. debería proseguir la utilización de modelos farmacocinéticos con base farmacológica (PBPK) para asociar mejor los datos de biomarcadores humanos con evaluaciones de la exposición y los efectos toxicológicos en animales de experimentación,
 - iii. se debería seguir tratando de reducir las concentraciones de acrilamida en los alimentos, y
 - iv. sería útil tener datos sobre la presencia de acrilamida en los alimentos que se consumen en los países en desarrollo.
11. Después del examen del JECFA de la acrilamida se ha encargado un número de estudios. En el momento de preparación de este proyecto de Código de Prácticas, los estudios no estaban terminados todavía. Como figura en su Plan de Acción para la Acrilamida en los Alimentos,¹⁶ la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de Estados Unidos y las organizaciones asociadas están llevando a cabo un conjunto de estudios sobre la acrilamida y la glicidamida. Se han terminado algunos estudios de corto plazo sobre toxicocinética, biodisponibilidad, formación de aductos en el ADN y presencia de acrilamida en alimentos para roedores,^{17,18,19,20,21,22} pero los resultados de los ensayos a largo plazo sobre carcinogénesis y una evaluación de la neurotoxicidad del desarrollo no estarán disponibles hasta 2008. La FDA ha concluido investigación para un modelo de farmacocinética con base fisiológica (PBPK) para la acrilamida en los roedores y en los seres humanos. Este modelo permitirá hacer mejores estimaciones del daño en el ADN resultante de la exposición dietética a la acrilamida y una extrapolación mejor de los riesgos de cáncer en el ser humano de los estudios²³ de carcinogénesis en los roedores. El primer gran estudio prospectivo epidemiológico de grupos no reveló ninguna asociación entre la ingestión de acrilamida y el cáncer colorrectal, ni se asoció un riesgo elevado²⁴ con la ingestión de alimentos específicos altos en acrilamida. Otros grupos continúan realizando también trabajo sobre la toxicología de la acrilamida, incluyendo el trabajo reciente sobre aductos y metabolitos urinarios.^{25,26}

PRÁCTICAS RECOMENDADAS

12. A grandes rasgos, hay tres estrategias principales para reducir la formación de acrilamida en un determinado producto:
- i. **materias primas** — reducir los niveles de asparagina y/o azúcares reductores en las materias primas;
 - ii. **control/adición de otros ingredientes** — reducir la concentración efectiva de asparagina y/o azúcares reductores durante las primeras fases de la elaboración de los alimentos *mediante* el control/adición prudente de otros ingredientes, y
 - iii. **elaboración y tratamiento térmico de los alimentos**— modificación/control prudente de la elaboración de los alimentos y el perfil térmico de la cocción, para reducir al mínimo las condiciones que producen calor excesivo y escasa humedad.
13. A efectos de este proyecto de Código de Prácticas, las prácticas recomendadas se han dividido según cuatro grupos de alimentos.

PATATAS (PAPAS)

Materias primas

14. La concentración de azúcares reductores es el factor más importante relacionado con las materias primas, que puede utilizarse en la práctica para influir en la formación de acrilamida en las patatas (papas) y productos a base de patatas (papas). Existe una fuerte correlación entre el contenido de azúcar reductor y la formación de acrilamida a través de la cocción en las patatas²⁷. Además, la concentración de azúcares reductores ejerce un efecto mayor sobre los niveles finales de acrilamida que la concentración de asparagina²⁸. Toda una serie de factores influye sobre los niveles de azúcar reductor, como las condiciones climáticas, el cultivar,²⁸ la temperatura y el tiempo de almacenamiento,²⁹ la temperatura y el tiempo de reacondicionamiento,²⁹ el tamaño de los tubérculos,³⁰ y el porcentaje de utilización de fertilizantes.³¹ Las concentraciones de azúcares reductores en las patatas pueden variar hasta en dos órdenes de magnitud,²⁸ dependiendo, en especial, del cultivar y la situación de almacenamiento. Aprovechar la diferencia en el contenido de azúcares reductores representa una gran oportunidad para reducir la formación de acrilamida durante la cocción. Los factores agrónomos y genéticos se pueden modificar para producir tubérculos de patatas con bajos niveles de asparagina y/o azúcares reductores; pero estos métodos pueden requerir un considerable tiempo de anticipación y sería necesario considerar otros factores, como el rendimiento y la resistencia contra las infecciones fúngicas (formación de micotoxinas en el campo).
15. Algunos cultivares son de por sí más propensos que otros a tener niveles más elevados de azúcares reductores, y de ser posible debería evitarse utilizarlos para procedimientos de cocción a altas temperaturas, como freír y hornear. En particular, deberían seleccionarse cultivares con contenidos de azúcares reductores inferiores a 0,3 % en base al peso húmedo.³ En la Base de Datos Europea de Patatas Cultivadas se encuentra información sobre la idoneidad de las patatas (papas) para freír a la francesa y su idoneidad para patatas (papas) crujientes.³²
16. El almacenamiento de las patatas (papas) a temperaturas inferiores a 9 y 10 °C incrementa la formación de azúcares reductores.³³ Generalmente, los tubérculos se endulzan si se almacenan a temperaturas de 9 y 10 °C o más bajas, con incrementos de hasta un orden de magnitud o más en el contenido de azúcar reductor. Algunos cultivares son menos propensos que otros a endulzarse a bajas temperaturas.^{34,35} En una base de datos de la Oficina Federal de Alemania sobre Variedades de Plantas³⁶ puede obtenerse información sobre tales cultivares. Siempre que sea posible, las patatas (papas) para freír o dorar deberían guardarse de forma que el endulzamiento a bajas temperaturas se reduzca al mínimo.

17. Cuando las patatas (papas) que han estado almacenadas a bajas temperaturas se reacondicionan durante unas semanas a temperaturas más elevadas (p.ej., 12 – 25 °C), el contenido de azúcar reductor se reduce de nuevo, si bien no a los niveles antes de su almacenamiento.²⁹ La reacondicionación se ha asociado con un aumento de la variabilidad del color de freír, es decir un tubérculo de un lote puede reacondicionarse mejor que otro, y algunos tejidos (de un tubérculo) se reacondicionan mejor que otros. Cabe esperar que los defectos de freír sean más elevados en las patatas (papas) crujientes y las patatas (papas) fritas hechas con patatas reacondicionadas. Las patatas que han estado sometidas a endulzamiento por una baja temperatura excesiva durante el almacenamiento no deberían freírse, asarse u hornearse. De todas formas, el almacenamiento a baja temperatura puede ser inevitable porque a temperaturas más elevadas las patatas (papas) tienden a germinar o a adquirir algunas enfermedades. De hecho, el almacenamiento a bajas temperaturas es esencial para mantener los bajos niveles de enfermedades que se requieren para poder vender las patatas pre-envasadas. Muchas veces en los almacenes con temperaturas superiores a 7 °C³⁷ es esencial utilizar antigerminantes, si bien en algunas normativas regionales no se permite su utilización. La necesidad de utilizar tratamiento antigerminación depende de la variedad del tubérculo, la duración y el tiempo de almacenamiento, y la temporada. En cultivares de breve reposo, puede ser necesario utilizar antigerminantes, incluso durante el almacenamiento a 3,5 °C.
18. Los fabricantes de patatas (papas) fritas y patatas (papas) crujientes deberían escoger cultivares de patata con bajo contenido de azúcares reductores, seleccionar los lotes midiendo el contenido de azúcar o apreciar el color de una muestra frita, y controlar las condiciones de almacenamiento de la granja a la fábrica.³

Control/adición de otros ingredientes

19. Para refrigerios de patatas (papas) reconstituidas o a base de patata, elaborados con masa de patatas, se pueden incluir otros ingredientes que tengan un contenido más bajo de azúcar reductor/asparagina para sustituir parte de la patata. La viabilidad de esta opción dependerá de las propiedades organolépticas y después de la aceptación de los consumidores.
20. Se ha demostrado que la adición de la enzima asparaginasa reduce la asparagina y por consiguiente los niveles de acrilamida en los productos de patatas (papas) elaborados con masa de patatas.^{38,39} Pese a que el tratamiento de asparaginasa todavía no se comercializa, al proceso se le ha concedido una patente estadounidense y dos empresas han presentado informes a la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos de que el uso de la asparaginasa en determinados alimentos está reconocido generalmente como inocuo. La asparaginasa podría ser apropiada para productos alimenticios fabricados con materiales licuados o en papilla.³⁸
21. También se ha demostrado que el tratamiento con otros reactivos antes de freír reduce la formación de acrilamida. Con todo, estos procedimientos experimentales de reducción al mínimo tienen que aplicarse todavía en un contexto comercial y, en general, aún no se ha abordado si estos tratamientos previos pueden repercutir negativamente sobre las propiedades organolépticas del producto final. Asimismo, tampoco se ha indagado a fondo la viabilidad de estos procedimientos en un contexto comercial, como por ejemplo en los servicios de catering. Entre las técnicas que forman parte de estos procedimientos experimentales se encuentran: el tratamiento de las patatas (papas) fritas a la francesa con aminoácidos^{40,41} o con pirofosfato de sodio,³ con sales de calcio, las sales de un número de cationes divalentes y trivalentes (se ha demostrado que este método reduce la formación de acrilamida en las patatas (papas) a la francesa elaboradas con masa de patata⁴²) y escaldándolas en una solución de cloruro sódico⁴³ (aunque este método puede aumentar la exposición dietética a la sal). Además de las reservas a las cuestiones organolépticas y la viabilidad en el contexto comercial, debe observarse también que para algunos de estos procedimientos puede ser necesaria su aprobación reglamentaria.
22. También se ha encontrado acrilamida en taro, una raíz vegetal que se utiliza generalmente en la cocina china. Estudios de laboratorio indican que si el taro se recubre con una fina capa de almidón se puede reducir la formación de acrilamida.⁴⁴

Elaboración y tratamiento térmico de los alimentos

23. Los niveles de acrilamida en las patatas (papas) fritas o asadas se pueden reducir también disminuyendo la superficie; por ejemplo cortando las patatas en rodajas más gruesas o eliminando las partes delgadas antes o después de freírlas.^{45,46}
24. Lavar, escaldar o precocer son procedimientos que pueden aplicarse para extraer la asparagina o azúcar reductor de la superficie de la patata antes de cocinarla, como se ha demostrado con las rodajas de patata.^{47,48} Escaldar es un procedimiento normal en la elaboración de patatas (papas) fritas para regular los niveles de azúcar en la superficie del producto. Pero debe observarse que el escalado excesivo puede afectar negativamente al aroma y textura. El escaldado puede no ser apropiado para algunos productos, como por ejemplo las patatas (papas) crujientes, porque la toma de humedad puede ser inaceptable, dando lugar a una pérdida de consistencia/textura tostada o posible descomposición microbiológica.⁴⁹
25. Los niveles de acrilamida en las patatas (papas) crujientes se pueden reducir controlando la aplicación de calor.³ Freír al vacío puede brindar una oportunidad para reducir los niveles de acrilamida en las patatas (papas) crujientes elaboradas con patatas con alto contenido en azúcar. El enfriamiento rápido de las patatas (papas) que se fríen en un instante puede reducir también los niveles de acrilamida en el producto final. La utilización de la clasificación óptica en serie para eliminar las patatas (papas) crujientes de color oscuro ha demostrado ser una medida efectiva para reducir la acrilamida.³
26. Si la temperatura del aceite al empezar a freír no supera los 175 °C y las patatas (papas) se fríen hasta obtener un color amarillo dorado en vez de marrón dorado,^{50,51} se pueden obtener reducciones importantes del contenido de acrilamida de las patatas. Pero es esencial asegurarse de que el producto final se ha cocinado adecuadamente. Dependiendo de la proporción relativa de patatas (papas) crudas y aceite para cocinar, la temperatura del aceite de freír disminuirá tras añadir las patatas. Ese descenso de temperatura puede ayudar a reducir la formación de acrilamida, pero un descenso demasiado grande de la temperatura afectaría negativamente en la calidad culinaria del producto.⁵² Por ello se recomienda⁵³ una carga máxima de 100 g de alimentos por litro de aceite. En experimentos realizados en laboratorios se ha demostrado que si se elimina algo del calor residual de las patatas (papas) después de freírlas (enfriándolas rápidamente en nitrógeno líquido) se puede limitar la formación de acrilamida.⁵⁴ Los fabricantes que utilizan el modo de freír en un instante para elaborar patatas (papas) crujientes han comprobado que enfriar las patatas rápidamente después de cocinarlas ayuda a reducir los niveles de acrilamida en el producto final.³
27. Reducciones similares pueden conseguirse para las patatas (papas) fritas “para hornear” congeladas (los productos que son escaldados, prefritos y congelados por el fabricante y están destinados a cocinarlos en el horno o para freír por los consumidores), cocinándolas hasta obtener un color amarillo dorado⁵⁵ sin que se pasen de cocción. Los fabricantes de patatas (papas) fritas “para hornear” deberían garantizar que las instrucciones de preparación en el envase son consecuentes con la necesidad de reducir al mínimo la formación de acrilamida.³ Si una de las sugerencias de preparación es patatas (papas) fritas “para hornear”, la temperatura no debería ser superior a los 175 °C y la carga máxima no debe exceder los 100 g por litro de aceite.⁵³ En las instrucciones de preparación se debería indicar también que los consumidores deben reducir el tiempo de cocinado cuando preparen pequeñas cantidades.³ En este caso también es fundamental asegurarse de que las patatas (papas) fritas queden bien cocidas.
28. Algunas patatas (papas) fritas “para hornear” o productos de patata (papa) prefabricados se elaboran para guardarlos en condiciones de refrigeración en vez de congelados. El almacenaje a estas temperaturas puede dar lugar al endulzamiento a baja temperatura.⁵⁶ Si se diera ese caso, deberán adoptarse medidas para eliminar la actividad de amilasa residual, que provoca el endulzamiento a baja temperatura. A los usuarios que les preocupe pueden evitar también guardar las patatas (papas) fritas “para hornear” o los productos de patata (papa) prefabricados durante largos períodos de tiempo a esas temperaturas, o utilizar en su lugar productos congelados.
29. La práctica de remojar las patatas (papas) en una solución azucarada para dar a los productos precocidos un color dorado uniforme debería evitarse, porque el azúcar de esta sustancia puede incrementar la formación de acrilamida.⁴⁹

CEREALES

Materias primas

30. En el caso de los cereales y los productos elaborados con cereales, como el pan, las galletas y los cereales para el desayuno, el contenido de asparagina es la materia prima determinante más importante en la formación de acrilamida. Se dispone de poca información sobre el contenido de asparagina en los diversos cereales y sus respectivos cultivares. Por lo común, la concentración de asparagina puede oscilar entre 75 y 2200 mg/kg en el trigo, 50 y 1400 mg/kg en la avena, 70 y 3000 mg/kg en el maíz, 319 y 880 mg/kg en el centeno⁵⁷, y 15 y 25 mg/kg en el arroz.⁵⁵ Este nivel de variación indica que puede haber un margen para reducir la acrilamida aprovechando la variabilidad de asparagina que contiene el cultivar. Pero estos métodos, al igual que en el caso de las patatas (papas), pueden requerir un considerable tiempo de anticipación, y se deben contemplar otros factores, como el rendimiento y la resistencia contra las infecciones fúngicas (formación de micotoxinas en el campo). También se debería prestar atención al tipo de harinas utilizadas en los productos. Las harinas ligeras contienen bastante menos asparagina que las harinas integrales. Sin embargo, si se reduce el contenido de harina integral se reducen las ventajas nutritivas del producto final.
31. Las deficiencias en el contenido de sulfuro del suelo pueden provocar un incremento en los niveles de asparaginas en el trigo y la cebada,⁵⁸ por ello un suelo deficiente en sulfuro debería evitarse o ser fertilizado.

Control/adición de otros ingredientes

32. En la producción de galletas se suele utilizar agentes leudantes, que por lo general consisten en una combinación de sodio y carbonato ácido de amonio. A través de análisis de modelos de productos horneados y pan de jengibre se ha demostrado que la presencia de carbonato ácido de amonio incrementa considerablemente la formación de acrilamida en las galletas y en otros productos de horno.⁵⁹ Por tanto, los fabricantes deberían considerar reducir si es posible los agentes leudantes que contienen amonio, por ejemplo sustituyéndolos por agentes leudantes que contengan sodio. Sin embargo, los fabricantes también tienen que contemplar la posibilidad de que este cambio incremente la exposición alimentaria al sodio o repercuta negativamente en las cualidades físicas u organolépticas de los productos horneados.³
33. En la producción de galletas se acostumbra a utilizar azúcar (sucrosa, glucosa, fructosa y/o jarabe de maíz con alto contenido en fructosa) para dar color y sabor. De estos azúcares, sólo la glucosa y la fructosa son azúcares reductores. Si en un contenido total de azúcar se incrementa la proporción de azúcar reductor en la receta, en el producto acabado⁵⁵ aparecen niveles más altos de acrilamida. Además, se forman concentraciones mayores de acrilamida si el azúcar reductor es fructosa en vez de glucosa. Por tanto, siempre que sea posible, los fabricantes deberían reducir al mínimo el empleo de azúcares reductores en la producción de galletas. Alternativamente, una opción efectiva podría ser sustituir la fructosa por glucosa; cuando se necesite jarabe de glucosa (que en Norteamérica se conoce también por jarabe de maíz), el nivel de fructosa debería ser lo más bajo posible.³
34. Durante la fabricación de cereales para el desayuno se debería tener también cuidado con la utilización de azúcares. Cuando se utilizan esos azúcares se suelen añadir después del proceso de horneado, en cuyo caso no se produce formación adicional de acrilamida. Pero si los azúcares reductores se añaden antes del horneado es una fuente de formación de acrilamida que se puede evitar.
35. Otros ingredientes menores también pueden influir. Se ha observado que en algunas recetas la formación de acrilamida aumenta cuando se incorporan ingredientes como jengibre, miel y cardamomo durante la producción de galletas.⁵⁵ Por el contrario, se ha visto que en algunos casos la nuez moscada hace disminuir la acrilamida.⁶⁰ A fin de reducir los niveles de acrilamida en los productos finales, los fabricantes podrían investigar el efecto de las distintas especias en sus propias recetas.

36. En los productos de cereales mixtos puede haber margen para reducir la proporción de la fuente predominante de acrilamida mediante la incorporación de cereales que tienen un bajo contenido de asparagina. Por ejemplo, esta estrategia podría incluir sustituir el centeno y el trigo por arroz; no obstante deben tomarse en consideración las consecuencias nutritivas y organolépticas.
37. Estudios experimentales indican que el tratamiento con aminoácidos seleccionados, sales de calcio y la enzima asparaginasa puede reducir la formación de acrilamida en los productos a base de cereales. No obstante, debe observarse que estos tratamientos aún no se han sometido por completo a prueba en un entorno comercial y puede ser necesario que se apruebe su reglamentación.³
38. Se ha demostrado que la práctica de reelaborar (la utilización de nuevo de restos) incrementa en algunos casos pero no en otros los niveles de acrilamida.³ Los fabricantes deberían examinar los procesos de producción de productos individuales para averiguar si la reelaboración se puede utilizar para reducir los niveles de acrilamida en sus productos.

Elaboración y tratamiento térmico de los alimentos

39. La fermentación con levadura de las masas de trigo para elaborar pan reduce el contenido de asparagina libre.⁶¹ La fermentación durante dos horas consume casi toda la asparagina contenida en modelos de masa de harina de trigo, pero una fermentación más breve es menos eficaz, así como la fermentación con masa fermentada.
40. La medida de la formación de acrilamida durante el horneado depende mucho del tiempo y la temperatura que se utilicen, y del contenido de humedad del producto durante el horneado.⁵⁵ Por regla general, a mayor contenido de agua menor será la formación de acrilamida. La formación de acrilamida puede reducirse modificando el tiempo y la temperatura del proceso de horneado,⁶² en particular reduciendo la temperatura en las últimas etapas, cuando el producto llega a la fase decisiva y vulnerable de poca humedad. Compensar mediante el aumento de la temperatura en las primeras fases del horneado no debería producir un aumento considerable de acrilamida, ya que en esos momentos el contenido de humedad es suficientemente grande como para prevenir la formación de acrilamida. Un detenido control de las temperaturas del horno y el tiempo de horneado también puede ser eficaz para reducir los niveles de acrilamida. Estos principios se han aplicado con buenos resultados tanto en un modelo de galletas como en panes crujientes no fermentados.⁵⁵ Además, cuando el pan crujiente esté muy seco es posible incrementar la especificación de humedad sin que el producto pierda calidad.
41. Si bien el grado de dorado de un producto de cereal a menudo sirve de indicador de la medida de formación de acrilamida, en algunos casos ésta no es una orientación fidedigna. Por ejemplo, en algunos cereales para el desayuno se puede asociar un color más oscuro a un menor contenido de acrilamida debido a la degradación o pérdida de la acrilamida que se formó con anterioridad.⁶³
42. También se forma acrilamida al tostar el pan, pero esto puede reducirse considerablemente tostando menos el pan, hasta darle un color más claro.³

EL CAFÉ

43. La investigación reciente indica que la asparagina posiblemente sea el principal factor determinante de la formación de acrilamida en el café. Debido a que en la torrefacción del café se utilizan temperaturas más elevadas, otras vías pueden contribuir también en menor medida a la formación de acrilamida.⁶⁴

44. La investigación de los medios de formación de acrilamida en el café revela que ésta se forma rápidamente en las primeras etapas de la torrefacción, y que después esos niveles disminuyen mucho hacia el final del ciclo de torrefacción debido a la descomposición o volatilización.^{3,63,64} Se ha observado que en el café verde el margen de concentración de asparagina es reducido, de modo que los niveles de acrilamida en el café tostado no se pueden controlar mediante la selección de tipos específicos de café verde.^{3,64} Los estudios también han demostrado que la acrilamida no es estable en el café en polvo en envases cerrados durante períodos prolongados^{3,65,66,67} y se están investigando los mecanismos de base que podrían ofrecer oportunidades para reducir en el futuro la formación de acrilamida. Con todo, es probable que cualquier cambio en el método de torrefacción o un almacenamiento deliberadamente prolongado para reducir la concentración de acrilamida repercutan mucho en las propiedades organolépticas y en la aceptación del producto.^{3,60,64}

LIMITACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN

45. No se pueden tomar medidas para reducir la concentración de acrilamida sin tener en cuenta otras consideraciones. Es necesario impedir que se comprometa la inocuidad química y microbiológica de los alimentos. Las cualidades nutricionales de los productos también tienen que permanecer intactas, así como las características organolépticas y la consiguiente aceptación del consumidor. En los párrafos siguientes se ofrecen algunos ejemplos. Además, otros posibles nuevos aditivos y coadyuvantes de elaboración, como la asparaginasa, pueden requerir una evaluación oficial de inocuidad y la demostración de la eficacia de su uso antes de que se apruebe su reglamentación.
46. Para desarrollar una estrategia de reducción en particular se necesitará un enfoque gradual, a través del cual los resultados obtenidos en el laboratorio se puedan experimentar en la fábrica, y sólo entonces aplicarse al nivel de la producción. También cabe señalar que el margen de formación de acrilamida puede ser muy variable en un mismo lote de producción. Por ejemplo, el contenido de acrilamida de distintos paquetes de galletas, cuando se han tomado las muestras de la misma línea de producción, puede variar en más del doble.⁶³ Esta variabilidad intrínseca es obviamente inconveniente cuando se trata de investigar las repercusiones de diferentes condiciones de elaboración o cocción en la formación de acrilamida. Esto determina la necesidad de garantizar que la materia prima sea homogénea, en cuanto al contenido de asparagina y azúcares reductores, y que los elementos y aparatos técnicos estén bien controlados antes de ponerse a investigar posibles métodos de reducción.
47. Existen otros contaminantes que, en algunas circunstancias, se pueden formar cuando se elaboran y cocinan los alimentos. Estos son las N-nitrosaminas,⁶⁸ los hidrocarburos policíclicos aromáticos,⁶⁹ los cloropropanoles,⁷⁰ el etilcarbamato,⁷¹ el furano,⁷² las aminas heterocíclicas aromáticas y los pirolisatos aminoácidos.⁷³ Al tomar en consideración medidas de prevención contra la acrilamida, debería efectuarse una verificación para garantizar que en el proceso no se produzca un incremento de otros contaminantes.
48. Es esencial que las medidas de prevención dirigidas contra la acrilamida no comprometan la estabilidad microbiológica del producto final. En este contexto cabe señalar que la formación de acrilamida durante la producción de galletas depende mucho de los detalles precisos del perfil de temperatura/tiempo/humedad, en particular la última, es decir, las fases de poca humedad del proceso de horneado. Toda medida paliativa que haga aumentar en gran medida la humedad del producto final y reduzca, de esta manera, la estabilidad microbiológica, no es conveniente.

49. Al considerar un método particular de reducción, se deben sopesar los beneficios frente a los posibles efectos negativos en las propiedades nutricionales de los alimentos. Por ejemplo, si bien escaldar o remojar las patatas (papas) puede reducir los niveles de acrilamida, se sabe que en el remojo las patatas pierden vitamina C y minerales. Pero también se sabe que si las patatas (papas) se escaldan antes de freír u hornear se reduce el contenido de grasa del producto final.⁷⁴ Por el contrario, si los productos de patata (papa) se fríen a una temperatura demasiado baja aumenta el contenido de grasa del producto final. Asimismo, si los agentes leudantes que contienen amonio se sustituyen por otros que contengan sodio se aumenta la exposición dietética al sodio y se puede afectar también de manera negativa a las propiedades físicas del pan de jengibre y las cualidades organolépticas de las galletas.³
50. Es necesario tomar medidas para evitar que se produzcan cambios negativos para las propiedades organolépticas del producto final. La acrilamida se forma a través de la reacción de Maillard entre los compuestos que contienen grupos de aminos y grupos de carbonilo. La reacción de Maillard misma está en el centro de la producción por calor del color, sabor y aroma característicos de los alimentos cocinados. Todo cambio que, por tratar de reducir al mínimo la formación de acrilamida reduzca también la aceptación del producto por parte del consumidor, será contraproducente. Los cambios que se proponen para las condiciones de cocción, o las materias primas y otros ingredientes, han de evaluarse desde la perspectiva de la aceptación del producto final para el consumidor.
51. La predictibilidad y consistencia de los resultados con toda medida de reducción deben ser adecuadas, es decir la variación debe estar dentro de los márgenes aceptables. Actualmente se observan con frecuencia grandes diferencias incluso al repetir una medida de reducción específica bajo condiciones de control, p.ej. entre distintos lotes de un producto que se elabora en la misma fábrica o entre fábricas que utilizan los mismos procesos, ingredientes y formulaciones. Los orígenes de estas diferencias todavía no se conocen. Se necesita llevar a cabo más investigación específica sobre este aspecto, puesto que la variabilidad en los niveles de acrilamida tiene consecuencias muy importantes para apreciar la exposición dietética y los riesgos.

PRÁCTICAS DEL CONSUMIDOR

52. Las autoridades nacionales y locales deben considerar la posibilidad de advertir a los consumidores que eviten calentar demasiado las patatas (papas) y los alimentos elaborados a base de cereales cuando utilicen procedimientos de cocción a altas temperaturas. Esta recomendación podría incluir aconsejar que las patatas (papas) fritas y las patatas (papas) asadas se preparen hasta obtener un color amarillo dorado en vez de tostado, a la vez que se aseguren de que el alimento esté completamente cocido. Asimismo podría recomendarse al consumidor que al tostar el pan y productos relacionados se trate de obtener un color claro.
53. Las autoridades nacionales y locales deberían considerar la posibilidad de alentar a los consumidores a evitar almacenar las patatas (papas) en condiciones de frío o de refrigeración para cocinarlas a elevadas temperaturas. Los minoristas deberían revisar también sus procedimientos de almacenamiento, a fin de evitar bajas temperaturas para esas patatas.

REFERENCIAS

1. ALINORM 06/29/12 (2006)
2. ALINORM 06/29/41 (2006)
3. Confederación de Industrias Agroalimentarias de la Unión Europea (CIAA): Juego de herramientas sobre la acrilamida de la CIAA. (2006). Disponible en: http://www.ciaa.be/documents/brochures/CIAA_Acrylamide_Toolbox_Oct2006.pdf
4. E.Tareke, P.Rydberg, P.Karisson, S.Ericksson y M.Tornqvist: Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J.Agric.Food Chem.*, **51**, 4998 - 5006 (2002)
5. J.S.Ahn, L.Castle, A.Clarke, M.Lloyd y D.Speck: Verification of the findings of acrylamide in heated foods. *Food Add.Contam.*, **19**, 1116 - 1124 (2002)
6. Agencia de Normas alimentarias del Reino Unido: *Análisis de muestras de la dieta total para la acrilamida*. Food Survey Information Sheet, No. 71/05 (2005). Disponible en: <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis712005.pdf>
7. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA): *Informe de la 64ª reunión (Roma, 8-17 de febrero de 2005)*. Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/en/summary_report_64_final.pdf
8. M.A.Slayne y D.R.Lineback: Acrylamide: consideration for risk management. *J.AOAC Int.*, **88**, 227 -233 (2006)
9. A.Göbel y A.Kliemant: The German minimisation concept for acrylamide. *Food Add.Contam.* (en prensa)
10. A.Kliemant y A.Göbel: Acrylamide minimisation concept - a risk management tool in Thermal processing of food - potential health benefits and risks. Ed.: Senate Commission on Food Safety SKLM. Wiley-VCH, Weinheim (2007)
11. Oficina Federal de Alemania de Protección del Consumidor y Seguridad Alimentaria (BVL): The German minimisation concept for acrylamide (2006). Disponible en: http://www.bvl.bund.de/cln_027/nn_521172/EN/01_Food/04_Acrylamid_en/00_Minimierungskonzept_en/minimierungskonzept_node.html_nnn=true
12. D.S.Mottram, B.L.Wedzicha y A.T.Dodson: Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, **419**, 448 - 449 (2002)
13. R.Stadler, I.Blank, N.Varga, F.Robert, J.Hau, Ph.Guy, M.C.Robert y S.Riedicker: Food Chemistry: acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, **419**, 449 - 450 (2002)
14. D.V.Zyzak, R.A.Sanders, M.Stojanovic, D.H.Tallmadge, B.L.Eberhart, D.K.Ewald, D.C.Gruber, T.R.Morsch, M.A.Strothers, G.P.Rizzi y M.D.Villagran: Acrylamie formation mechanism in heated foods. *J.Agric.Food Chem.*, **51**, 4782 - 4787 (2003)
15. M.Granvogl, M.Jezussek, P.Koehler y P.Schieberle: Quantitation of 3-aminopropionamide in potatoes - a minor but potent precursor in acrylamide formation. *J.Agric.Food Chem.*, **52**, 4715 - 4757 (2004)
16. Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos: Plan de acción de la FDA para la acrilamida en los alimentos. (2004). Disponible en: <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrypla3.html>
17. G.Gamboa da Costa, M.I.Churchwell, L.P.Hamilton, F.A.Beland, M.M.Marques 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)
18. D.R.Doerge, J.F.Young, L.P.McDaniel, N.C.Twaddle y M.I.Churchwell: Toxicokinetics of acrylamide in glycidamide in Fischer 344 rats. *Toxicol.Appl.Pharmacol.*, **208**, 199 - 209 (2005)

19. I.Maniere, T.Godard, D.R.Doerge, M.I.Churchwell, M.Guffory, M.Laurentie y J.M Poul: DNA damage and DNA adduct formation in rat tissues following oral administration of acrylamide. *Mutat.Res.*, **580**, 119 - 129 (2005)
20. N.C.Twaddle, M.I.Churchwell, L.P.McDaniel y D.R.Doerge: Autoclave sterilization produces acrylamide in rodent diets: implications for toxicity testing. *J.Agric.Food Chem.*, **52**, 4344 - 4349 (2004)
21. N.C.Twaddle, L.P.McDaniel, G.Gamboa da Costa, M.I.Churchwell, F.A.Beland 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)
22. E.Tareke, L.P.McDaniel, M.I.Churchwell, N.C.Twaddle y D.R.Doerge: Relationship between biomarkers of exposure and toxicokinetics in Fischer 344 rats and B6C3F1 mice administered single doses of acrylamide and glycidamide and multiple doses of acrylamide. *Toxicol.Appl.Pharmacol.*, **63** - 75 (2006)
23. D.R.Doerge: FDA/NTP Toxicology Studies: GeneTox, Metabolism, PBPK and Chronic Studies with Acrylamide. 31st Annual Summer Toxicology Forum, Aspen, Colorado (2005). Disponible en: http://www.toxforum.org/html/summer_meeting_2005.html
24. L.A.Mucci, H.-O.Adami y A.Wolk: Prospective study of dietary acrylamide and risk of colorectal cancer among women. *Int.J.Cancer*, **118**, 169 - 173 (2006)
25. T.R.Fennell, S.C.Sumner, R.W.Snyder, J.Burgess, R.Spicer, W.E Bridson y M.A.Friedman: Metabolism and haemoglobin adduct formation of acrylamide in humans. *Toxicological Sciences*, **85**, 447 - 459 (2005)
26. T.R.Fennell, S.C.Sumner, R.W.Snyder, J.Burgess y M.A.Friedman: Kinetics of elimination of urinary metabolites of acrylamide in humans. *Toxicological Sciences*, **93**, 256 - 267 (2006)
27. T.M.Amrein, B.Schonbachler, F.Rohner, H.Lukac, H.Schneider, A.Keiser, F.Escher y R.Amado: Potential for acrylamide formation in potatoes: data from the 2003 harvest. *Eur.Food Res.Technol*, **219**, 572 - 578 (2004)
28. T.M.Amrein, S.Bachmann, A.Noti, M.Biedermann, M.F.Barbosa, S.Biedermann-Brem, K.Grob, A.Keiser, P.Realini, F.Escher 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)
29. A.Noti, S.Biedermann-Brem, M.Biedermann, K.Grob, P.Albisser y P.Realini: Storage of potatoes at low temperature should be avoided to prevent increased acrylamide formation during frying and roasting. *Mitt.Lebensm.Hyg*, **94**, 167 - 180 (2003)
30. T.De Wilde, B.De Meulenaer, F.Mestdagh, Y.Govaert, W.Ooghe, S.Fraselle, K.Demeulemeester, C.Van Peteghem, A.Calus, J.M.Degroodt y R.Verhe: Selection criteria for potato tubers to minimize acrylamide formation during frying. *J.Agric.Food Chem.*, **54**, 2199 - 2205 (2006)
31. T.De Wilde, B.De Meulenaer, F.Mestdagh, Y.Govaert, S.Vandeburie, W.Ooghe, S.Fraselle, K.Demeulemeester, C.Van Peteghem, A.Calus, J.M.Degroodt y R.Verhe: Influence of fertilization on acrylamide formation during frying of potatoes harvested in 2003. *J.Agric.Food Chem.*, **54**, 404 - 408 (2006)
32. Base de datos europea de patatas cultivadas (2006). Disponible en: <http://www.europotato.org/menu.php>
33. R.H.Coffin, R.Y.Yada, K.L.Parkin, B.Grodzinski y D.W.Stanley: Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections. *J.Food Sci.*, **52**, 639 - 645 (1987)
34. R.W.Blenkinsop, L.J.Copp, R.Y.Yada y A.G.Marangoni: Changes in compositional parameters of tubers of potato (*Solanum tuberosum*) during low temperature storage and their relationship to chip processing quality. *J.Agric.Food Chem.*, **50**, 4545 - 4553 (2002)
35. B.Putz: Erste 4 °C - typen bei Kartoffeln aus deutscher Züchtung. *Kartoffelbau*, **48**, 280 - 282 (1997)
36. Bundessortenamt: Database of descriptive variety lists (2006). Disponible en: www.bundessortenamt.de

37. Consejo Británico para la Patata: BPC Store Managers' Guide. (2001)
38. 2º Taller Internacional sobre Acrilamida en los Alimentos, Chicago: *Grupo de Trabajo #1: Mecanismos de formación y métodos de reducción (13 al 15 de abril de 2004)* (2004). Disponible en: http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acryl2004/acryl_2004_wg1_report.pdf y http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acryl2004/wg1_2004.pdf
39. V.A.Elder, J.G.Fulcher, K-H.H.Leung y M.G.Topor: Method for reducing acrylamide formation in thermally processed foods. WO 2004/075657 A2 (2004)
40. E.Brathen, A.Kita, S.H.Knutzen y T.Wicklund: Addition of glycine reduces the content of acrylamide in cereal and potato products. *J.Agric.Food Chem.*, **53**, 3259 - 3264 (2005)
41. P.Rydberg, S.Eriksson, E.Tareke, P.Karlsson, L.Ehrenberg y M.Tornqvist: Investigation of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuffs. *J.Agric.Food Chem.*, **51**, 7012 - 7018 (2003)
42. P.J.Corrigan: Method for reducing acrylamide in foods, foods having reduced levels of acrylamide and article of commerce. WO 2005/034649 A1 (2005)
43. F.Pedreschi, O.Bustos, D.Mery, P.Moyano, K.Kaack y K.Granby: Color kinetics and acrylamide formation in NaCl soaked potato chips. *J.Food Eng.*, **79**, 989 - 997 (2007)
44. Centro para seguridad alimentaria: Acrilamida en alimentos fritos y horneados (2006). Disponible en: www.cfs.gov.hk/cfs_news2_acryl.html
45. D.Taubert, S.Harlfinger, L.Henkes, R.Berkels y E.Schomig: Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *J.Agric.Food Chem.*, **52**, 2735 - 2739 (2004)
46. B.Matthaus, N.U.Haase y K.Vosmann: Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. *Eur.J.Lipid Technol.*, **106**, 793 - 801 (2004)
47. A.Kita, E.Brathen, S.H.Knutzen y T.Wicklund: Effective ways to decrease acrylamide content in potato crisps during processing. *J.Agric.Food Chem.*, **52**, 7011 - 7016 (2004)
48. F.Pedreschi, P.Moyano, K.Kaack y K.Granby: Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Res.Int.*, **38**, 1 - 9 (2005)
49. Comisión Europea: Nota de la reunión de expertos sobre contaminantes industriales en los alimentos, taller sobre acrilamida: información sobre las vías para reducir los niveles de acrilamida formados en los alimentos (2003). Disponible en: http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf
50. F.Pedreschi, K.Kaack y K.Granby: Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *Lebensm.-Wiss.U.Technol.*, **37**, 679 - 685 (2004)
51. K.Grob: Reduction of exposure to acrylamide: achievements, potential of optimisation, and problems encountered from the perspectives of a Swiss enforcement laboratory. *J.AOAC Int.*, **88**, 253 - 261 (2005)
52. K.Fiselier, D.Bazzocco, F.Gama-Baumgartner y K.Grob: Influence of the frying temperature on acrylamide formation in French fries. *Eur.Food Res.Technol.*, **222**, 414 - 419 (2006)
53. K.Grob, M.Biedermann, S.Biedermann-Brem, A.Noti, D.Imhof, T.Amrein, A.Pfefferle y D.Bazzocco: French fries with less than 100 µg/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysts. *Eur.Food Res.Technol.*, **217**, 185 - 194 (2003)
54. K.Ishihara, A.Matsunaga, K.Nakamura, K.Sakuma y H.Koga: Examination of conditions inhibiting the formation of acrylamide in the model system of fried potato. *Biosci.Biotechnol.Biochem.* (in press)
55. Confederación de Industrias Agroalimentarias de la Unión Europea (CIAA): *Resumen de las iniciativas y los progresos logrados hasta la fecha por la industria europea de alimentos y bebidas (CIAA) para reducir los niveles de acrilamida en los alimentos*. Informe sobre el estado de la acrilamida. Diciembre de 2004 (2004)

56. K.Fiselier, A.Hartmann, A.Fiscalini y K.Grob: Higher acrylamide contents in French fries prepared from 'fresh' prefabricates. *Eur.Food Res.Technol.*, **221**, 376 - 381 (2005)
57. A.Habel, A.Lehrack y M.Spriner U.Tietz: Development of new technologies to minimize acrylamide in food (2005). Disponible en: www.ilu-ev.de/berichte/acrylamide_bll_fei-veoeffentlichung_final.pdf
58. N.Muttucumaru, N.G.Halford, J.S.Elmore, A.T.Dodson, M.Parry, P.R.Shewry y D.S.Mottram: The formation of high levels of acrylamide during the processing of flour derived from sulfate-deprived wheat. *J.Agric.Food Chem.*, **54**, 8951 - 8955 (2006)
59. M.Biedermann y K.Grob: Model studies on acrylamide formation in potato, wheat flour and corn starch; ways to reduce acrylamide contents in bakery ware. *Mitt.Lebensm.Hyg.*, **94**, 406 - 422 (2003)
60. D.Taeymans, A.Anderson, P.Ashby, I.Blank, P.Gonde, P.Van Eijck, V.Faivre, S.P.D.Lalljie, H.Lingert, M.Lindblom, R.Matissek, D.Muller, R.H.Stadler, A.Studer, D.Silvani, D.Tallmadge, G.Thompson, T.Whitmore, J.Wood y D.Zyzak: Acrylamide: update on selected research activities conducted by the European food and drink industry. *J.AOAC Int.*, **88**, 234 - 241 (2005)
61. H.Fredriksson, J.Tallving, J.Rosen y P.Aman: Fermentation reduces free asparagine in dough and acrylamide in bread. *Cereal Chem.*, **81**, 650 - 653 (2004)
62. Asociación de Industrias de Chocolate, Galletas y Pastelería de la UE, CAOBISCO: Revisión de la reducción de acrilamida en las galletas, crackers y pan crujiente (2006). Disponible en: www.caobisco.com/english/pdf/7254-639e.pdf
63. D.Taeymans, J.Wood, P.Ashby, I.Blank, A.Studer, R.H.Stadler, P.Gonde, P.Van Eijck, S.P.D.Lalljie, H.Lingert, M.Lindblom, R.Matissek, D.Muller, D.Tallmadge, J.O'Brien, S.Thompson, D.Silvani y T.Whitmore: A review of acrylamide: an industry perspective on research, analysis, formation and control. *Crit.Rev.Food Sci.Nutr.*, **44**, 323 - 347 (2004)
64. R.H.Stadler y G.S.Scholz: Acrylamide: an update on current knowledge in analysis, levels in food, mechanisms of formation, and potential strategies of control. *Nutr.Revs*, **62**, 449 - 467 (2004)
65. T.Delatour, A.Perisset, T.Goldmann, S.Riedicker 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)
66. K.Hoenicke y R.Gatermann: Stability of acrylamide in food during storage. *Czech J.Food Sci.*, **88**, 268 - 272 (2004)
67. D.Andrzejewski, J.A.Roach, M.L.Gay y S.M.Musser: Analysis of coffee for the presence of acrylamide by LC-MS/MS. *J.Agric.Food Chem.*, **52**, 1996 - 2002 (2004)
68. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Reino Unido: *Nitrato, nitrito y compuestos de N-nitroso en los alimentos: segundo informe*. Documento de Vigilancia de los Alimentos N° 32, HMSO Londres (1992)
69. M.J.Dennis, R.C.Massey, G.Cripps, I.Venn, N.Howarth y G.Lee: Factors affecting the polycyclic aromatic hydrocarbon content of cereals, fats and other food products. *Food Add.Contam.*, **8**, 517 - 530 (1991)
70. Agencia de Normas Alimentarias del Reino Unido: *Estudio de 3-monocloropropano-1,2-diol (3-MCPD) en grupos de alimentos seleccionados*. Food Survey Information Sheet, No. 01/03 (2001). Disponible en: <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis-2001/3-mcpdse1>
71. R.Battaglia, H.B.S.Conacher y B.D.Page: Ethyl carbamate (urethane) in alcoholic beverages and foods: a review. *Food Add.Contam.*, **7**, 477 - 496 (1990)
72. Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU.: Datos de exploración del furano en los alimentos (2004). Disponible en: <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/furandat.html>

73. R.C.Massey y M.J.Dennis: The formation and occurrence of amino acid pyrolysates and related mutagens in cooked foods. *Food Add.Contam.*, **4**, 27 - 36 (1987)

74. G.Lisińska: Manufacture of potato chips and French fries in Potato science and technology. Ed.: G.Lisińska and W.Leszczynski. Elsevier Science Publishers Ltd, New York (1989)