



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

**5ª reunión**

**La Haya, Países Bajos, 21 – 25 de marzo de 2011**

**DOCUMENTO DE DEBATE SOBRE EL FURANO**

(Preparado por el grupo de trabajo por medios electrónicos dirigido por los Estados Unidos de América)

**INFORMACIÓN GENERAL**

1. En la 4ª reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (CCCF) se acordó establecer un grupo de trabajo por medios electrónicos, dirigido por los Estados Unidos, para preparar un documento de debate sobre el furano en los alimentos.<sup>1</sup> La lista de participantes del grupo de trabajo por medios electrónicos figura en el Apéndice I.
2. Se propuso que el documento presentara una reseña de la exposición al furano, las toxicidades del furano y las tecnologías disponibles para reducir el furano en los alimentos, con miras a estudiar la posibilidad de elaborar un código de prácticas (CP).
3. Como el objetivo último de un CP es dar información para reducir el contenido de furano en los alimentos, este documento se concentrará en la información relacionada con la formación del furano y su disminución. También se presentan otros comentarios sobre toxicología, análisis y exposición.

**INTRODUCCIÓN**

4. El furano (C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O; CAS No. 110-00-9) es un compuesto muy volátil, heterocíclico, lipofílico, que se utiliza como intermedio en la producción de sustancias químicas para la industria y la agricultura. Se encuentra furano en las emisiones de los motores, el humo de la madera y del tabaco, y en los productos de la combustión y gasificación del carbón. (1, 2).



Furan, C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O

5. Se puede formar furano en los alimentos a consecuencia de la aplicación de calor (3-6) o por la exposición a radiación ionizante o ultravioleta (4, 7-8). Los posibles precursores del furano son los aminoácidos, los azúcares, los ácidos grasos poliinsaturados (AGP), el ácido ascórbico y los carotenoides (5.6). Los compuestos de furano se asocian desde hace mucho tiempo a los aromas de los alimentos (3) y antes de 2004 se sabía que en algunos alimentos se encontraba el propio furano (3,9-11). En 2004, unos científicos de la Administración de los Estados Unidos para los Alimentos y los Medicamentos (USFDA) informaron que habían encontrado una concentración significativa de furano en una gran variedad de alimentos, en particular en el café y en alimentos sujetos a calentamiento en latas o frascos (4).

<sup>1</sup> ALINORM 10/33/41

Posteriormente también se encontró furano en algunos alimentos con poca humedad, como en pan tostado, *crackers*, hojuelas de papa y *chips* de tortilla (12-13).

## TOXICOLOGÍA y EPIDEMIOLOGÍA

6. La presencia de furano en los alimentos es motivo de preocupación porque se sabe que es un carcinógeno de los roedores (14). El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) clasificó el furano en el Grupo 2B, posible carcinogénico para los seres humanos (1).

7. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios examinó el furano en su 72ª reunión, celebrada en Roma del 16 al 25 de febrero de 2010. Los siguientes párrafos (7-11), tomados directamente del informe de la 72ª reunión, ofrecen información sobre la toxicocinética del furano, así como datos toxicológicos.

### *Absorción, distribución, metabolismo y excreción*

8. Después de suministrarse oralmente a ratones y ratas, el furano se absorbe rápidamente, se metaboliza y elimina en la orina y las heces como metabolitos, y se exhala al aire como furano sin modificar y dióxido de carbono formado a consecuencia de la apertura de los anillos. El metabolito cuyo anillo se abre inicialmente es el *cis*-2-buteno-1,4-dial (BDA), que se forma en el hígado en una reacción catalizada por CYP2E1. Los productos derivados del furano abundan principalmente en el hígado de los animales a los que se suministró. Una variedad de metabolitos urinarios identificados podría surgir del aminoácido o por la formación de enlaces cruzados de proteína (15).

### *Datos toxicológicos*

9. La toxicidad del furano suministrado oralmente se ha estudiado ampliamente en los ratones y las ratas con una gran variedad de dosis. La toxicidad principal del furano es en el hígado, aunque en dosis elevadas también afecta a los riñones y los pulmones (>30 mg/kg pc/día). Además, se producen cambios en algunos parámetros hematológicos y hormonales con dosis tan bajas como 0,12 mg/kg pc/día si se suministra durante 5 días o una semana (15).

10. Respecto a la hepatotoxicidad, el desacoplamiento de la fosforilación oxidativa mitocondrial del hepatocito es un suceso temprano y crítico de la citoletalidad. La lesión de las células del hígado, así como el estrés oxidativo, avanzan hacia la muerte de la célula. Esto, a su vez, da lugar a respuestas regenerativas, como una mayor proliferación hepatocelular en los ratones y las ratas y, notablemente en la rata, a una reacción proliferativa pronta en la que participan el epitelio biliar, denominada colangiofibrosis. Estos cambios proliferativos pueden ser la base de la tumorigenicidad del hígado, sola o en combinación con una alteración del ADN. Aunque en una serie de sistemas de prueba el furano no es genotóxico y no se detectó enlace con el ADN del hígado de la rata, el metabolito BDA es muy reactivo y se liga a las proteínas y los ácidos nucleicos. El BDA produjo rupturas en los filamentos del ADN en un cultivo de células de mamífero y fue mutagénico en las bacterias y en cultivo de células de mamífero; al ser un dialdehído, también formó enlaces cruzados con el ADN del cultivo de células. La genotoxicidad *in vitro* del BDA permite que el BDA formado *in vivo* a partir del furano pudiera reaccionar con el ADN (15).

11. Se han realizado varias biovaloraciones del cáncer por furano suministrado oralmente (alimentación forzada) en ratones y ratas. En los ratones se utilizaron dosis de 8 y 15 mg/kg pc/día, 5 días a la semana, y 0,5, 1,0, 2,0, 4,0 y 8,0 mg/kg-pc/ por día, 5 días a la semana. A las ratas se suministraron dosis de 2, 4 y 8 mg/kg pc/día, 5 días a la semana. En el hígado de las ratas machos y hembras se indujo una gran frecuencia de colangiocarcinomas en todas las dosis en el estudio del Programa Nacional de Toxicología (NTP) de los Estados Unidos, con hiperplasia del trato biliar, metaplasia y fibrosis. Los neoplasmas hepatocelulares aumentaron en frecuencias menores. En ambos sexos de las ratas el furano aumentó también la incidencia de leucemia de células mononucleares, si bien con una incidencia extraordinariamente poco frecuente en los grupos de control. En los ratones machos y hembras de ambos estudios sólo aumentaron los neoplasmas hepatocelulares (15).

12. No hay estudios epidemiológicos del furano en los seres humanos (15).

### Conclusiones del JECFA

13. El JECFA calculó las siguientes exposiciones alimentarias para el furano: 1 µg/kg pc/día para la población general (exposición promedio) y 2 µg/kg pc/día para los consumidores con una elevada exposición al furano. Estas estimaciones cubren la exposición alimentaria potencial para los niños y para los adultos (15-16).

14. El JECFA examinó la inducción de adenomas hepatocelulares y carcinomas en ratones hembras como punto final pertinente y calculó una BMDL<sub>10</sub><sup>2</sup> de 1,3 mg/kg pc/día, correspondiente a 0,96 mg/kg pc/día al ajustarse de un programa de dosificación de 5 días a la semana a una dosis promedio diaria. Con la exposición alimentaria promedio, el margen de exposición fue de 960. Para la exposición alimentaria elevada, el margen de exposición fue de 480. El JECFA consideró que estos márgenes de exposición indican un motivo de preocupación sanitaria por un compuesto carcinogénico que puede funcionar a través de un metabolito genotóxico ADN-reactivo del ácido deoxiribonucleico (16).

### Información adicional

15. Se está haciendo un estudio bienal de biovaloración de la carcinogenicidad del furano en ratas F344, en un nuevo estudio del NTP, con dosis de furano de 0; 0,02; 0,044; 0,092; 0,20; 0,44; 0,92 y 2,0 mg/kg pc/día. La valoración tiene como objetivo determinar la relación entre dosis y respuesta de la carcinogenicidad del furano en ratas F344 y dar información sobre dosis más bajas que las estudiadas anteriormente. La presentación del informe final está prevista para 2013. Otros estudios afines se ocuparán de la toxicocinética y biomarcadores (dosis-respuesta de la formación de aductos-ADN furano a dosis de furano de ≥ 0,1 mg/kg pc, acumulación y eliminación de aductos, evaluación de aductos de hemoglobina y mercapturatos urinarios como biomarcadores de la exposición al furano, y modelos farmacocinéticos de base fisiológica) y cuestiones mecanísticas (mutagénesis en ratas Big Blue, dosis-respuesta de la hepatotoxicidad subcrónica del furano, reversibilidad de la hepatotoxicidad y epigenética) (17).

16. Hay estudios epidemiológicos que indican que el café se asocia a un riesgo reducido de cáncer hepático en humanos (18-19), no obstante que el café contenga elevados niveles de furano.

### ANÁLISIS

17. El informe de la 72ª reunión del JECFA dio información sobre el análisis del furano: se observó que la espectrometría de masas con cromatografía de gases (EM-CG) es la técnica más adecuada para la detección fiable de niveles bajos de furano en los alimentos. Esta técnica suele ir precedida de una extracción en espacio libre superior o microextracción en fase sólida con espacio libre superior. Ambos sistemas son sencillos y convenientes y ofrecen resultados satisfactorios para el análisis de sustancias volátiles. Debido a la gran volatilidad del furano, las muestras de alimentos se tienen que refrigerar y manipular con rapidez. Muestras licuadas o muestras en polvo reconstituidas pueden transferirse directamente a frascos con espacio libre superior, y las muestras sólidas se tienen que homogeneizar. Casi todos los métodos publicados incluyen el uso de furano etiquetado deuterio como norma interna, por eso se añade normalmente a la muestra homogeneizada antes de la extracción. Se documentaron límites de detección (LD) y límites de cuantificación (LC) de 0,1 a 5 µg/kg y de 0,4 a 13 µg/kg, respectivamente, en los métodos con extracción con espacio libre superior. Se documentaron LD y LC más bajos con métodos de espacio libre superior con microextracción en fase sólida. Actualmente no hay materiales certificados de referencia (15-16).

18. El Cuadro 1 presenta una variedad de métodos que se han creado desde que el USFDA publicó su método original en 2004. El método inicial del USFDA indicaba que era necesario incubar frascos con espacio libre superior a 80° C, pero después de que se documentó la formación de furano a temperaturas más bajas (20-24), las recomendaciones posteriores fueron que se incubaran frascos con espacio libre superior a 60° C (24-25) o a 50 °C o menos (26). En la siguiente bibliografía reciente se pueden encontrar amplias reseñas de metodologías para el análisis del furano (23, 27).

<sup>2</sup> BMDL<sub>10</sub>, lower limit on the benchmark dose for a 10% response

**Cuadro 1: Métodos comunes para el análisis del furano en matrices distintas**

Fuente	Método	LD (µg/kg)	LC (µg/kg)	Matriz alimentaria	Método de cuantificación
Altaki <i>et al.</i> , 2007 (28)	HS-SPME/GC-IT-MS(1)	0,008 – 0,070	0,030 – 0,250	Zumo de manzana, miel, sopa, café, alimentos para bebés	Curva de calibración externa
Becalski and Seaman, 2005 (5)	HS/GC-MS(2)	1	—	Sistemas modelo	Curva de calibración externa
Becalski <i>et al.</i> , 2010 (29)	HS/GC-MS(2)	0,1	—	Productos de fruta (zumos, fruta en conserva), productos vegetales (zumos, hortalizas en conserva), productos mixtos (frijoles al horno, pasta, chile con carne), productos cárnicos (estofados de carne, carne tipo <i>luncheon</i> , pescado en conserva), café, alimentos para bebés	Curva de calibración externa
Bianchi <i>et al.</i> , 2006 (30)	HS-SPME/GC-MS(3)	0,0257	0,0417	Alimentos para bebés	Curva de calibración externa
Goldmann <i>et al.</i> , 2005 (31)	HS-SPME/GC-MS(3)	0,034	0,086	Café, alimentos para mascotas, zumos, alimentos para bebés	Curva de calibración externa
Ho <i>et al.</i> , 2005 (32)	HS-SPME/GC-MS(3)	0,3	0,8	Café en infusión, bebidas de café	Curva de calibración externa
Ridgway <i>et al.</i> , 2010 (33)	SBSE/GC-MS(4)	2	10	Café, alimentos para bebés	Adición estándar
US FDA, 2004 (34); Nyman <i>et al.</i> , 2006 (20); Nyman <i>et al.</i> , 2008 (25)	HS/GC-MS(2)	0,2-4,4	0,6-13	Zumo de manzana, consomé de pollo, manteca de cacahuete, preparados para lactantes, judías en conserva, crackers tipo graham, hojuelas de papa	Adición estándar
Yoshida <i>et al.</i> , 2007 (24)	HS/GC-MS(2)	0,2-0,5	0,5-2,0	Alimentos para bebés, preparados para lactantes	Curva de calibración externa

- (1) Microextracción en fase sólida con espacio libre superior/cromatografía de gases con detección de iones-espectrometría de masas.
- (2) Espacio libre superior/cromatografía de gases-espectrometría de masas
- (3) Microextracción en fase sólida con espacio libre superior/cromatografía de gases-espectrometría de masas
- (4) *Stir bar sorptive extraction* (SBSE) [*Twister*] /cromatografía de gases-espectrometría de masas

## PRESENCIA Y EXPOSICIÓN

### Presencia

19. Se ha encontrado furano en una gran variedad de alimentos sujetos a tratamiento térmico. Las primeras investigaciones se concentraron en alimentos sellados en latas y frascos a los que se aplicó calor, como alimentos para bebés, preparados para lactantes, hortalizas en conserva, frijoles horneados, sopas, salsas, estofados y carnes y pescados en conserva (4,12). También se ha encontrado furano en el café, cerveza, zumos de fruta y de hortalizas, salsa de soya, bebidas nutricionales y alimentos a base de cereales, como galletas, *crackers*, cereales para el desayuno y pan (7, 13, 27, 35-36).

20. El contenido de furano en alimentos para adultos comúnmente va de cantidades no detectables hasta menos de 100 µg/kg, aunque en algunos alimentos los niveles llegan a cientos de µg/kg. Con los datos de Australia, Brasil, el Canadá, la Unión Europea (UE), Japón, la República de Corea, Suiza y los Estados Unidos, el JECFA informó sobre los siguientes rangos de los niveles medios nacionales del furano en los alimentos que presentan los niveles más elevados de contaminación: café tostado (en polvo) 814–4 590 µg/kg; café instantáneo (en polvo), 90–783 µg/kg; café tostado en bebida, 34–113 µg/kg; alimentos en conserva para bebés, 19–96 µg/kg; salsa de soya, 16–52 µg/kg; pescado en conserva, 6–76 µg/kg; y frijoles al horno, 27–581 µg/kg (15).

21. El café tostado (en seco, no en bebida) tiene un contenido particularmente elevado de furano. Si bien los niveles de furano en el café en bebida comúnmente son casi de o por debajo de 100 µg/kg (p. ej., 7, 36), los niveles de furano en el café tostado en granos enteros o el café molido pueden acercarse a los miles de µg/kg (36). La EFSA (36) presentó los siguientes valores medios (límite superior) de cinco categorías de café: café instantáneo, 602 µg/kg; café tostado en grano, 3611 µg/kg; café tostado molido, 1807 µg/kg; café, no especificado, 1855 µg/kg; y café listo para beber, 102-104 µg/kg. Los valores de café documentados por el USFDA para el café como se bebe fueron más bajos: 42-52 µg/kg para el café en bebida (7).

22. Se han estudiado mucho los alimentos para bebés, debido a los niveles relativamente altos de furano, la preocupación por la sensibilidad de los lactantes y los niños pequeños al furano, y porque los alimentos comerciales para bebés pueden comprender una gran parte de la alimentación de los lactantes y de los niños pequeños. Los alimentos recién preparados/caseros para bebés contienen poco o nada de furano (30, 37). Se ha documentado que los alimentos comerciales para bebés contienen desde dosis no detectables hasta mayores de 150 µg/kg de furano (7, 13, 24, 27, 35, 38). Los alimentos para bebés que contienen hortalizas o mezclas de hortalizas y carne, se ha documentado que siempre presentan niveles de furano más altos que los alimentos para bebés que sólo contienen fruta, sólo carne o carne y almidones (13,24,37,39-40). Zoller *et al.* (13) señalaron los siguientes rangos (y medias) para los alimentos en conserva para niños con los siguientes ingredientes: carne sin hortalizas, de 3 a 8 µg/kg (no se presentó la media); hortalizas, de 4 a 153 µg/kg (media de 40 µg/kg); y fruta, de 1 a 16 µg/kg (media de 4 µg/kg). Con base en los datos europeos de seguimiento, la EFSA (36) identificó la media del contenido de furano en seis categorías de alimentos para bebés, con los siguientes valores: a base de cereales, 19 µg/kg; carne y hortalizas, 39-40 µg/kg; sólo hortalizas, 39-40 µg/kg; fruta y hortalizas, 10-12 µg/kg; sólo fruta, 2.5-5 µg/kg; y sin clasificar, 31-32 µg/kg.

### Exposición

23. En el Cuadro 2 se presentan las estimaciones de la exposición al furano de Europa, Dinamarca, los Estados Unidos y Brasil, de la evaluación del JECFA. La exposición media para los adultos fue de 0,25 a 1,17 µg/kg pc/d y la exposición del percentil más elevado fue de 0,60 y 2,22 µg/kg pc/d. Como se señala en el párrafo 12, el JECFA escogió una exposición de 1 µg/kg pc/d para el consumidor promedio, y 2 µg/kg pc/d para el consumidor más elevado, como base para su cálculo del margen de exposición.

**Cuadro 2: Estimaciones del JECFA sobre la exposición alimentaria al furano<sup>a</sup>**

País	Estimación de la exposición alimentaria (µg/kg pc/día)	
	Media	Percentil superior
<b>Europa</b> Europa <sup>b</sup>	0,29–1,17 adultos 0,27–1,01 lactantes 3–12 meses	0,60–2,22 adultos (95°) 1,14–1,34 lactantes 6–9 meses (95°)
Dinamarca <sup>c</sup>	0,95–1,02 adultos 0,08 niños 4–6 años	2,10–2,19 adultos (95°)

País	Estimación de la exposición alimentaria ( $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{día}$ )	
	Media	Percentil superior
<b>América del Norte</b> EE UU <sup>d</sup>	0,25–0,26 adultos 0,23 niños 2–5 años 0,41 lactantes 0–12 meses	0,61 adultos (90th) 0,99 lactantes 0–12 meses (90°)
<b>América del Sur</b> Brasil <sup>e</sup>	0,46 lactantes 6–11 meses	1,34 lactantes 6–11 meses (99°)

<sup>a</sup> Adaptado de (15).

<sup>b</sup> Registros alimentarios individuales de 14 países europeos de la Base de datos europea de consumo alimentario; se analizaron los valores del furano de 2004 a 2009.

<sup>c</sup> Registros alimentarios individuales del Estudio nacional danés de nutrición; nuevos datos sobre el furano de algunos alimentos que han recibido tratamiento térmico; datos de la EFSA para otros alimentos.

<sup>d</sup> Registros alimentarios individuales de los Estados Unidos, de 1994-1996, 1998 CSFII complementario; se analizaron los valores del furano de los estudios de 2003 y 2007.

<sup>e</sup> Registros alimentarios individuales de los lactantes; se analizaron datos de los alimentos para bebés.

24. El cuadro 3 muestra algunas estimaciones adicionales publicadas de la exposición al furano por los alimentos. Las estimaciones de la exposición promedio son similares a las del cuadro 2, con la excepción de las estimaciones de Corea, que resultaron mucho más bajas.

**Cuadro 3: Estimaciones de la exposición adicional al furano en los alimentos**

País/región	Exposición promedio ( $\mu\text{g}/\text{kg pc}/\text{d}$ ), Categoría de exposición	Referencia
Canadá	0,37; 20 + años 1,12; 1-4 años	29
Corea	0,0106; adultos 0,0174; bebés	38
Taiwán	0,299; hombres adultos 0,177; mujeres adultas 0,47; lactantes de 6 meses	41
Alemania	0,5; lactantes de 6 meses	37
Finlandia	0,1-2,1; lactantes	42

25. El café es el producto que más contribuye a la exposición alimentaria al furano para los adultos en Europa y América del Norte (7, 15, 39). Para los niños, el JECFA informó que los cereales para el desayuno son los que más aportan a la exposición (15).

## FORMACIÓN

26. El furano se forma en los alimentos a consecuencia del tratamiento térmico (3-6). También se ha documentado formación de furano en alimentos tratados con radiación ionizante (4,7-8) o radiación ultravioleta (45-46).

27. Maga (3) examinó trabajos anteriores sobre la formación de furano y derivados del furano en alimentos que habían recibido tratamiento térmico, y se determinó que la fuente principal de los furanos en los alimentos es la degradación térmica y la reorganización de los compuestos orgánicos, en particular los carbohidratos. Maga señaló un número de sistemas experimentales que se sabe que producen furano (o furano derivatizado) en los alimentos, que son el calentamiento de los azúcares, calentamiento de azúcares en la presencia de aminoácidos o proteína, y degradación térmica de las vitaminas, incluido el ácido ascórbico (3-4, 22).

28. Desde que se identificó la presencia de furano en una gran variedad de alimentos en 2004 (4), nuevos estudios de sistemas de modelos han confirmado o señalado importantes vías para la formación de furano inducida por aplicación térmica: (1) oxidación térmica del ácido ascórbico, derivados del ácido ascórbico, ácidos grasos poliinsaturados, triglicéridos y carotenoides (2) degradación térmica de azúcares reductores en

ausencia o presencia de aminoácidos, y (3) degradación térmica de aminoácidos (5-6,43-44,47-48). En estudios de irradiación UV-C se señaló la fructosa como importante precursor (45-46).

29. Con estudios de sistemas de modelos sobre la formación de furano inducida por aplicación térmica, Perez y Yaylayan (6) propusieron una serie de vías de formación del furano en los alimentos a partir de los azúcares, aminoácidos, ácido ascórbico y derivados del ácido ascórbico, así como ácidos grasos poliinsaturados. El ácido ascórbico presentó el más elevado potencial de formación de furano de los precursores examinados en sistemas de modelos simples (6,22). Mark *et al.* (43) y Limacher *et al.* (44) elaboraron más las probables vías de reacción del ácido ascórbico al furano.

30. Becalski y Seaman (5) confirmaron la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados a temperaturas elevadas y la descomposición de los derivados del ácido ascórbico como fuentes de furano en sistemas de modelos. También señalaron los carotenoides como potenciales precursores del furano.

31. En estudios de modelos sobre la formación de furano inducida por calor se documentó que una serie de factores químicos repercuten en la formación de furano. Se informa que la producción de furano de ácidos grasos poliinsaturados y de ácido ascórbico se suprime con antioxidantes, agentes reductores o una disponibilidad limitada de oxígeno (5,43). El fosfato por lo general aumentó la formación de furano inducida por la aplicación de calor a partir de azúcares, ácido ascórbico y ácido linoleico, mientras que el pH mostró efectos variables, según el precursor (49).

32. Con sistemas de modelos simples se ha documentado tanto el aumento (50) como la disminución de la producción de furano por la presencia de múltiples precursores u otros ingredientes (43-44). Por lo tanto, se deberán interpretar con cautela las predicciones de producción de furano de los sistemas de modelos simples (43-44).

33. A partir de estudios de modelos y considerando la gran variedad de alimentos en los que se presenta el furano, es probable que haya muchos mecanismos de formación en los alimentos mismos (7,35). También hay probablemente muchas reacciones antagónicas que puedan disminuir o aumentar los niveles de furano (23,43-44). Esta situación puede complicar los esfuerzos por encontrar oportunidades para reducir los furanos.

## INVESTIGACIÓN DE LA ATENUACIÓN

### *Introducción*

34. Hasta la fecha, la investigación sobre el furano no ha logrado encontrar soluciones prácticas y siempre eficaces para reducir la presencia del furano en los alimentos. Esto se debe a la existencia de muchas y complejas vías para la formación del furano; a la importancia de las técnicas de elaboración térmica para la inocuidad de los alimentos y el desarrollo de sabores y aromas deseables, y a los complejos efectos de la matriz del alimento en la retención del furano en éste. Si bien todavía no hay "un juego" de soluciones, se ha investigado mucho en los ámbitos de la manipulación, la preparación del café, los alimentos para bebés y los sistemas de modelos. Esta sección estudiará estos experimentos, con el objetivo de determinar posibles materiales para un futuro código de prácticas. Algunos experimentos describen condiciones de manipulación de los alimentos (p. ej., incubaciones prolongadas) que no son realistas, pero los resultados de todas formas pueden ser útiles para entender mejor la estabilidad y la retención del furano en los alimentos.

### *Manipulación de los alimentos: alimentos en frasco y en lata*

35. Algunos autores observaron una reducción del contenido de furano por aplicación de calor y/o removiendo los alimentos preparados. Roberts *et al.* (51) analizaron los efectos en el contenido de furano de calentar los alimentos en lata y en frasco en sartenes, hornos de microondas e inmersión en agua caliente. Los autores observaron que el calentamiento en sartén reducía los niveles de furano en forma más fiable que el calentamiento en horno de microondas, pero no en todas las muestras. Remover las muestras en lata y en frasco de alimentos para bebés aumentaba la liberación de furano, en comparación con simplemente dejar los alimentos sin moverse. Para reducir los niveles de furano recomendaron dejar los alimentos en reposo todo el tiempo que sea posible y removerlos con regularidad.

36. Fromberg *et al.* (52) observaron que al calentar una variedad de alimentos listos para el consumo se el contenido de furano se reducía alrededor de la mitad, en distintos alimentos, sin que se observara diferencia entre el calentamiento con microondas o con sartén. Las temperaturas más elevadas durante el calentamiento se asociaron a reducciones mayores del furano en sopas y alimentos en lata. No se observó

una ulterior reducción del contenido de furano en las muestras que se dejaron enfriar una hora a temperatura ambiente.

37. Kim *et al.* (53) observaron que calentar carnes en lata a 50° a 70 °C reducía los niveles de furano de un 26% a un 46%. Recomendaron calentar las carnes en lata antes de su consumo, y dejar los alimentos en lata abiertos un minuto antes de consumirlos.

38. Zoller *et al.* (13) informaron que al calentar frascos abiertos de alimentos para bebé en un horno de microondas durante 45 segundos, y removerlos durante 10 segundos, el nivel de furano se reducía un 29%. Cuando los autores calentaron en microondas y removieron las muestras por segunda vez, el furano disminuyó un 55% respecto del contenido original.

39. Goldmann *et al.* (31) encontraron que condiciones atípicas de aplicación doméstica de calor (es decir, calentar frascos abiertos de alimentos para bebés a 75° C durante más de 5,5 horas) producía una disminución del 85% del furano. Los niveles de furano también disminuían un 50% en muestras sin calentar en el mismo período. Los autores concluyeron que el furano no es estable en los alimentos después de preparar o abrir productos comerciales, y que la medida de la pérdida de furano se relaciona con la temperatura del producto y con el tiempo de exposición a la atmósfera.

40. Otros investigadores no han encontrado reducciones constantes en el contenido de furano por aplicación de calor ni por remover alimentos preparados. Hasnip *et al.* (22) analizaron los niveles de furano antes y después de calentar alimentos preparados en microondas, cocidos sobre la estufa y calentados en agua caliente (alimentos para bebés), en diferentes condiciones de remoción. Informaron que los procedimientos térmicos por lo general no conducen a reducciones significativas en los niveles de furano.

41. Lachenmeier *et al.* (37) informaron que calentar frascos de alimentos comerciales para bebé en un calentador especial para alimentos para bebé no mostró una tendencia constante de aumento ni de disminución de los niveles de furano, aunque en dos productos a base de papa se incrementaron los niveles de furano (6-7 µg/kg) después de calentarlos. Calentar frascos abiertos y remover su contenido no produjo cambios constantes en los niveles de furano. Los autores concluyeron que obstaculiza la evaporación del furano su lenta difusión en la matriz del alimento, e hicieron una recomendación preliminar de calentar los alimentos para bebé en un cazo o cuenco más grandes.

#### *Manipulación de los alimentos: el café*

42. Goldmann *et al.* (31) observaron que el contenido de furano en el café disminuía un 50% después de que los investigadores simulaban transferir el café de una olla a una taza y lo dejaban reposar unas cuatro horas. El contenido de furano también se reducía aproximadamente un 20% en una hora sin simular la transferencia. Zoller *et al.* (13) documentaron reducciones comparables del furano en el café, de un 50%, después de una hora de reposo a temperatura ambiente.

43. Guenther *et al.* (54) documentaron que verter café en bebida en tazas y dejar esas tazas reposar a temperatura ambiente reducía los niveles de furano un 25% después de 30 minutos. A partir de estos resultados, estimaron que el contenido de furano disminuiría un 10% en los primeros minutos. En el café filtrado por goteo que se mantiene caliente sobre una base caliente, los niveles de furano disminuyeron un 50% después de una hora. Los autores estimaron que los niveles de furano en el café que se mantiene caliente sobre una base caliente disminuirían un 35% en 30 minutos.

44. Kim *et al.* (53) analizaron un número reducido de muestras de café y observaron que los niveles de furano disminuían tanto en el café instantáneo como en el café en infusión cuando se dejaban reposar las muestras a temperatura ambiente hasta 20 minutos y sin tapa.

45. Al-Taher *et al.* (55) documentaron que los niveles de furano en el café en bebida disminuían significativamente cuando ese café en bebida se calentaba en una jarra abierta durante una hora.

46. Fritz *et al.* (56) documentaron que los niveles de furano en las bebidas de café disminuían casi un 50% en 30 minutos de estar en una máquina para café.

#### *Preparación del café*

47. Pueden influir en la exposición al furano a través del café líquido factores como los procedimientos de torrefacción (tiempo, temperatura), el contenido de furano en el café en grano o en polvo, el procedimiento de preparación (p. ej., máquina automática, preparación casera, instantáneo), los ingredientes



que se añadan al café (p. ej., crema), la cantidad de café molido o café en polvo que se utilice por taza, y el volumen de café que se consume (p. ej., una porción de café exprés en comparación con otra porción más grande). Los niveles de furano pueden disminuir considerablemente durante los múltiples pasos del proceso desde el tostado hasta la bebida (54).

48. Se ha documentado que los niveles de furano son más altos en los granos de café tostado en comparación con el café en polvo instantáneo o en el café en bebida o instantáneo (13,22,36). Se han documentado niveles de furano más elevados en el café en bebida que en el café instantáneo (7,13,22). También el café exprés en bebida presenta concentraciones más altas de furano que el café en bebida común y corriente (13,54,57).

49. Zoller *et al.* (13) documentaron que las máquinas para hacer café exprés (semi o completamente automáticas) producen las concentraciones de furano más elevadas, y que la preparación con filtro (especialmente a un recipiente caliente) presentó las concentraciones más bajas.

50. Crews (58) observó que los niveles de furano más elevados se asociaban a las máquinas comerciales que producen café instantáneo del grano a la taza, por comparación con el café instantáneo o el café percolado, porque la exposición al aire es limitada en las máquinas comerciales, lo que reduce al mínimo la pérdida de furano por evaporación.

51. Kuballa *et al.* (59; reseñado en 60) también documentaron haber encontrado los niveles más altos de furano en las máquinas automáticas (del grano a la taza) y atribuyeron este resultado a la retención mayor de furano en el sistema cerrado. Las máquinas caseras para preparar café y la preparación manual produjeron los niveles más bajos de furano.

52. La Pera *et al.* (60) observaron que la preparación de café moka y la preparación automática de café exprés producen una mayor reducción del furano (67% y 63,3%) que la infusión en agua caliente (57%).

53. Crews (58) observó que el café con leche presentaba niveles de furano más elevados que el café exprés, lo que los autores atribuyeron a una mayor retención del furano por el volumen más grande de la bebida, la presencia de la grasa de leche o la espuma en la parte superior de la bebida. De conformidad con el resultado de la grasa de leche, Van Lancker *et al.* (61) observaron una retención reducida de furano en el café desgrasado por comparación con el café sin tratar.

54. Guenther *et al.* (54) informó que el tostado más oscuro (más prolongado) del café presenta contenidos más elevados de furano que el tostado más ligero (más breve), pero que disminuir el tiempo de la torrefacción no es una opción práctica para reducir los niveles de furano, porque el tiempo del tostado es un determinante importante del sabor del café y un tostado más prolongado disminuye la concentración de otro contaminante, la acrilamida. La Pera *et al.* (60) también señalaron que la necesidad de tostar el café a altas temperaturas (>200 °C) y la incapacidad de purgar el furano de las muestras tostadas sin sacar también las sustancias químicas que producen el sabor y el aroma, complicaría el intento de reducir el furano en el café.

#### *Tostado del pan*

55. Se ha encontrado furano en pan sin tostar y tostado, pero el tostado hizo subir los niveles de furano (13,22). También se ha documentado que el furano se concentra en la costra de los panes (13).

#### *Ingredientes y elaboración: los alimentos para bebés y los zumos*

56. Los alimentos para bebés comúnmente se elaboran con aplicación de calor a altas temperaturas en recipientes sellados, lo que incrementa la susceptibilidad a la formación de furano. Como se señaló en el párrafo 21, los alimentos para bebés que contienen hortalizas o mezclas de carne y hortalizas, comúnmente presentan niveles más elevados de furano que los alimentos para bebés que sólo tienen fruta.

57. Entender por qué los niveles de furano son más altos en los alimentos para bebés a base de hortalizas que en los alimentos para bebés a base de fruta podría ayudar a encontrar oportunidades para reducir el furano. Dos factores posibles son que en los alimentos de hortalizas hay niveles más altos de furfural (es un precursor del furano) y un pH más elevado (13,62-64).

58. La vitamina C (ácido ascórbico) también puede ser un factor. La vitamina C es precursora del furano y los alimentos para bebés pueden estar enriquecidos con vitamina C y contenerla naturalmente (65). Mesias-García *et al.* (62) señalaron una mayor desintegración de la vitamina C en los alimentos para bebés a base de hortalizas como posible motivo de que presenten niveles más altos de furano en comparación con los

alimentos de fruta. La vitamina C también puede aumentar la formación de furano a partir de otros precursores (37,44). Tanto Lachenmeier *et al.* (37) como Limacher *et al.* (44) recomendaron que no se añada vitamina C a los productos que reciben tratamiento térmico (en lata o en frasco), especialmente ciertos alimentos para bebés. Por otra parte, Mesias-García *et al.* (62) señalaron que el enriquecimiento con vitamina C de alimentos a base de fruta para bebés no parece contribuir a incrementar la formación de furano, y Owczarek-Fendor *et al.* (65) no observaron efectos en los niveles de furano al cambiar las concentraciones de vitamina C en un sistema de modelo de alimentos para bebés (véase la siguiente sección sobre los sistemas de modelos para encontrar más información sobre la vitamina C en los alimentos para bebés).

59. Bianchi *et al.* (30) observaron que los alimentos a base de fruta para bebés por lo general están pasteurizados, mientras que los alimentos a base de hortalizas para bebés están esterilizados. Wegener *et al.* (64) descubrieron que los niveles de furano son más elevados en los productos de zumos de zanahoria para lactantes, que habían sido esterilizados en comparación con otros productos análogos que se habían pasteurizado a temperaturas más bajas. Los niveles de furano más altos se asociaron también a un pH mayor.

60. Van Lancker *et al.* (61) examinaron los efectos del aceite en la retención de furano en alimentos para bebés calentados antes del consumo. De cuatro productos de alimentos para bebés, los de "espinacas" y "carne y hortalizas", que contenían aceite añadido, presentaron una retención mayor de furano que los de "zanahorias" o "hortalizas del huerto", que no tenían aceite añadido. Con el número limitado de muestras analizadas los autores concluyeron que la cantidad de aceite añadido produjo un efecto mayor que el contenido inherente de grasa. Concluyeron asimismo que debido a que la eliminación de los aceites de los alimentos para bebés no es nutricionalmente adecuado, sería mejor añadir el aceite después del tratamiento térmico, inmediatamente antes del consumo.

#### *Sistemas modelos*

61. Van Lancker *et al.* (61) estudiaron los efectos de la matriz de alimentos en la retención de furano en modelos y en alimentos caseros calentados. El almidón en general no aumentó la retención de furano relativa al agua en un modelo, a pesar de que el almidón puede formar geles que tengan cuerpos de inclusión. Se observó una retención limitada sólo con una matriz de papa de alta viscosidad, lo que indica que la viscosidad de la matriz no afecta significativamente la retención de furano. La presencia de aceites también se asoció a una disminución significativa en la liberación de furano de alimentos para bebés (independientemente del grado de saturación de aceite), lo que indica que los aceites pueden reducir la volatilización del furano. También se observó una retención disminuida de furano en café desgrasado, en comparación con el café sin tratar.

62. Owczarek-Fendor *et al.* (65) usaron un modelo basado en calentar frascos con gel de almidón para simular alimentos para bebé. Informaron que la formación de furano fue mucho mayor en los frascos que no estaban completamente llenos, lo que indica que el oxígeno podría favorecer la formación de furano. Sin embargo, no se preveía que se produjeran efectos prácticos en los alimentos para bebé disponibles en frasco en el comercio, que muestran poca variación en el volumen del espacio libre superior. Los autores también observaron que modificar las concentraciones de vitamina C de 0,1 a 4,5 mg/g no producía efectos en el contenido de furano. Como los alimentos para bebé contienen de 0,02 a 0,15 mg/g de vitamina C, Owczarek-Fendor *et al.* (65) predijeron que no se preveía que modificar la cantidad de suplementación de vitamina C repercutiera en los niveles de furano presentes en los alimentos para bebés. El mismo modelo se utilizó para examinar los efectos de los aceites en la formación de furano. La generación de furano de aceites sin oxidar es muy limitada. Los aceites oxidizados contienen furano generado por ácido alfa-linoleico, pero sólo cuando los aceites se oxidan a niveles inaceptables en el uso práctico (66).

63. Limacher *et al.* (44) estudiaron la formación de furano en modelos de alimentos que consistían de puré de calabaza y zumos de hortalizas y de fruta, calentados en ollas de presión en condiciones de esterilización. Observaron que complementar el puré y los jugos con vitamina C puede producir considerables incrementos en el contenido de furano, y señalaron que la vitamina C puede funcionar en estos sistemas como un prooxidante que promueve la formación de furano, en vez de precursor. Recomendaron no enriquecer los alimentos con vitamina C si contienen precursor del furano antes del tratamiento térmico, en particular los alimentos que contengan lípidos poliinsaturados.

64. Lachenmeier *et al.* (37) estudiaron los efectos de las condiciones de calentamiento y la vitamina C en un modelo de puré de papa en alimento para bebés y concluyeron que la vitamina C tenía el potencial de

incrementar la formación de furano. Recomendaron no enriquecer los alimentos en lata o en frasco con vitamina C antes de recibir tratamiento térmico.

### **OPCIONES DE ATENUACIÓN Y RECOMENDACIONES**

65. Hasta la fecha, la investigación del furano no ha logrado encontrar soluciones prácticas de eficacia constante para disminuir el contenido de furano en los alimentos. Las intervenciones en la bibliografía científica sobre el furano se dirigen principalmente al ámbito del consumidor, es decir, a la manipulación de los alimentos preparados, más que a los métodos de producción. Aunque la investigación de la formación y la atenuación indica que hay potencial para intervenir en los ámbitos de la incorporación de ingredientes y la elaboración térmica, esas intervenciones podrían producir serios efectos nutricionales o microbiológicos (p. ej., modificar los perfiles térmicos) y no se pueden tomar a la ligera. Por estos motivos, el grupo de trabajo considera prematuro crear un código de prácticas en estos momentos.

66. El grupo de trabajo recomienda que el siguiente material se considere una posible sección de información para el consumidor en un futuro código de prácticas. También se puede usar aparte como posibles consejos de las autoridades nacionales para los consumidores.

- a. Calentar y remover los alimentos en lata o en frasco permite una volatilización parcial y la dispersión del furano. Se ha demostrado que en algunos casos se reduce el furano calentando en la estufa, el horno de microondas y colocando los frascos en agua, pero hay algunos datos que indican que el calentamiento en la estufa puede ser más eficaz que en microondas.
- b. Los consumidores que deseen reducir la ingesta de furano por el café pueden moderar su ingesta de café o escoger un método de preparación del café que produzca niveles más bajos de furano (café instantáneo <filtrado por goteo <máquina del grano a la taza). Los consumidores también pueden dejar reposar el café varios minutos después de servirlo para permitir que el furano se libere antes de añadir la crema.
- c. Incluir alimentos caseros en la alimentación (p. ej., alimentos para bebés, sopas, frijoles al horno) como opciones a los alimentos preenvasados.
- d. Incluir hortalizas frescas y congeladas en la alimentación, junto a las hortalizas de lata.
- e. Tostar el pan sin dejar que llegue a un tostado oscuro.

67. La investigación en curso o futura puede ofrecer soluciones más prácticas que podrían ser la base de un código de prácticas. El grupo de trabajo recomienda que las autoridades nacionales y la industria alimentaria investiguen enfoques novedosos para atenuar el furano, especialmente para la producción de alimentos. Esa investigación deberá tener en cuenta las cualidades organolépticas y los perfiles generales de inocuidad de los alimentos. Algunos ejemplos posibles son:

- a. Investigar los cambios potenciales en los perfiles de elaboración térmica, en el contexto de los riesgos microbiológicos.
- b. Investigar la formación de furano en el pescado, frijoles y otros productos, en los cuales no estén claras las vías de formación del furano.
- c. Investigar si cambiar los ingredientes que se añaden (p. ej., vitamina C, aceites) pueden atenuar la formación de furano y/o incrementar la liberación del furano.
- d. Investigar formas de reducir al mínimo la formación o retención de furano en los alimentos secos.
- e. Para los consumidores, investigar técnicas adicionales para reducir el contenido de furano en los alimentos preparados.
- f. Considerar la inclusión de análogos del furano que tengan importancia toxicológica para los humanos (p. ej., el 2-metilfurano, 3-metilfurano) en estudios de atenuación.
- g. Tratar de armonizar internacionalmente la metodología de análisis del furano (p. ej., toma de muestras, preparación de las muestras, metodología de análisis).

68. El Grupo de trabajo recomienda que el CCCF establezca de nuevo el grupo de trabajo por medios electrónicos para que revise y ponga al día el documento de debate sobre el furano cuando haya disponibles nuevos datos adecuados.

## REFERENCIAS

- (1) International Agency for Research on Cancer (IARC). (1995) IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 63: "Dry Cleaning, Some Chlorinated Solvents and Other Industrial Chemicals," pp. 394-407, Lyon, France, 1995.
- (2) Report on Carcinogens, Eleventh Edition, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program.
- (3) Maga JA. (1979) Furans in foods. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1979: 355-400.
- (4) United States Food and Drug Administration (US FDA). (2004) Furan in Food, Thermal Treatment; Request for Data and Information. Federal Register 69: 25911–25913.
- (5) Becalski A and S Seaman. (2005) Furan precursors in food: a model study and development of a simple headspace method for determination of furan. Journal of AOAC International 88: 102-106.
- (6) Perez Locas C and VA Yaylayan. (2004) Origin and mechanistic pathways of formation of the parent furan—a food toxicant. J Agric Food Chem 52: 6830-6836.
- (7) Morehouse KM, *et al.* (2008) Survey of furan in heat processed foods by headspace gas chromatography/mass spectrometry and estimated adult exposure. Food Additives & Contaminants: Part A, 25:259-264.
- (8) Fan X. (2005) Formation of furan from carbohydrates and ascorbic acid following exposure to ionizing radiation and thermal processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53: 7826-7831.
- (9) National Research Council (NRC). (1994) Spacecraft Maximum Allowable Concentrations for Selected Airborne Contaminants, vol. 4., appendix B14, "Furan," pp. 307-329, National Academy Press, Washington, DC.
- (10) Persson T and E von Sydow. (1973) Aroma of canned beef: gas chromatographic and mass spectrometric analysis of the volatiles. Journal of Food Science 38: 377-385.
- (11) Stoffelsma JG, *et al.* (1968) Volatile components of roasted coffee. Journal of Agricultural Food Chemistry 16: 1000-1004.
- (12) US FDA. (2004) Exploratory data on furan in foods: individual food products. Accessed online at <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodContaminantsAdulteration/ChemicalContaminants/Furan/UCM078439>.
- (13) Zoller O, *et al.* (2007) Furan in food: Headspace method and product survey. Food Additives & Contaminants: Part A 24: 91-107.
- (14) National Toxicology Program (NTP). (1993) Toxicology and carcinogenesis studies of furan (CAS No. 110-00-9) in F344/N rats and B6C3F<sub>1</sub> mice (gavage studies). NTP Technical Report No. 402, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health, Research Triangle Park, NC, 1993.
- (15) Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2010) Report of the seventy-second meeting (final edited), Rome, 16–25 February 2010.
- (16) Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). (2010) Summary and conclusions, seventy-second meeting, Rome, 16–25 February 2010.
- (17) Beland F and D Doerge. (2010) Personal communication.
- (18) Bravi F, *et al.* (2007) Coffee drinking and hepatocellular carcinoma risk: a meta-analysis. Hepatology 46: 430-435.
- (19) Larrson SC and A Wolk. (2007) Coffee consumption and risk of liver cancer: a meta-analysis. Gastroenterology 132: 1740-1745.
- (20) Nyman PJ, *et al.* (2006) Single-laboratory validation of a method for the determination of furan in foods by using static headspace sampling and gas chromatography/mass spectrometry. Journal of AOAC International 89: 1417-1424.

- (21) Senyuva HZ and V Gökmen. (2005) Analysis of furan in foods. Is headspace sampling a fit-for-purpose technique? *Food Additives and Contaminants* 22: 1198–1202.
- (22) Hasnip S, *et al.* (2006) Some factors affecting the formation of furan in heated foods. *Food Additives & Contaminants: Part A* 23: 219-227.
- (23) Wenzl T, *et al.* (2007) Analysis of heat-induced contaminants (acrylamide, chloropropanols and furan) in carbohydrate-rich food. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 389: 119-137.
- (24) Yoshida I, *et al.* (2007) Rapid and improved determination of furan in baby foods and infant formulas by headspace GC/MS. *Journal of the Food Hygiene Society of Japan* 48:83-89.
- (25) Nyman PJ, *et al.* (2008) Single-laboratory validation of a method for the determination of furan in foods by using headspace gas chromatography/mass spectrometry, part 2—low-moisture snack foods. *Journal of AOAC International* 91: 414-421.
- (26) Crews C, *et al.* (2007) Factors affecting the analysis of furan in heated foods. *Food Additives & Contaminants* 24:108-113.
- (27) Heppner CW and JR Schlatter. (2007) Data requirements for risk assessment of furan in food. *Food Additives and Contaminants: Part A* 24: 114-121.
- (28) Altaki MS, *et al.* (2007) Analysis of furan in foods by headspace solid-phase microextraction–gas chromatography–ion trap mass spectrometry. *Journal of Chromatography A* 1146: 103-109.
- (29) Becalski A, *et al.* (2010) Development of an analytical method and survey of foods for furan, 2-methylfuran and 3-methylfuran with estimated exposure. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27: 764-775.
- (30) Bianchi F, *et al.* (2006) Development and validation of a solid phase micro-extraction-gas chromatography-mass spectrometry method for the determination of furan in baby food. *Journal of Chromatography A* 1102: 268–272.
- (31) Goldmann T, *et al.* (2005) Rapid determination of furan in heated foodstuffs by isotope dilution solid phase micro-extraction-gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS). *Analyst* 130: 878–883.
- (32) Ho I-P, *et al.* (2005) Determination of Furan Levels in Coffee Using Automated Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Journal of AOAC International* 88: 574-576.
- (33) Ridgway K, *et al.* (2010) The use of stir bar sorptive extraction—A potential alternative method for the determination of furan, evaluated using two example food matrices. *Analytica Chimica Acta* 657: 169-174.
- (34) US FDA. (2004) Determination of furan in foods. Originally posted May 7, 2004; updated June 2, 2005, and October 27, 2006. Accessed online at <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodContaminantsAdulteration/ChemicalContaminants/Furan/UCM078400>.
- (35) European Food Safety Authority (EFSA). (2004) Report of the CONTAM Panel on provisional findings on furan in food. EFSA-Q-2004-109, 7 December 2004.
- (36) EFSA. (2010) Update of results on the monitoring of furan levels in food. *EFSA Journal* 8: 1702-1719.
- (37) Lachenmeier DW, *et al.* (2009) Risk assessment of furan in commercially jarred baby foods, including insights into its occurrence and formation in freshly home-cooked foods for infants and young children. *Food Additives & Contaminants: Part A* 26:776-785.
- (38) Kim T-K, *et al.* (2009) Furan in commercially processed foods: four-year field monitoring and risk assessment study in Korea. *Toxicol Environ Health A*. 2009; 72:1304-10.
- (39) Carthew P, *et al.* (2010) Application of the margin of exposure (MoE) approach to substances in food that are genotoxic and carcinogenic. *Food and Chemical Toxicology* 48: S69-S74.

- (40) Bakhiya N and KE Appel. (2010) Toxicity and carcinogenicity of furan in human diet. *Archives of Toxicology* 84: 563-578.
- (41) Liu Y-T, *et al.* (2010) Assessment of dietary furan exposures from heat processed foods in Taiwan. *Chemosphere* 79: 54–59.
- (42) Jestoi M, *et al.* (2009) Furan in the baby-food samples purchased from the Finnish Markets--determination with SPME-GC-MS. *Food Chemistry* 117: 522–528.
- (43) Mark J, *et al.* (2006) Quantitation of furan and methylfuran formed in different precursor systems by proton transfer reaction mass spectrometry. *J Agric Food Chem* 54: 2786-2793.
- (44) Limacher A, *et al.* (2007) Formation of furan and methylfuran from ascorbic acid in model systems and food. *Food Additives & Contaminants* 24, S1: 122-135.
- (45) Fan X and DJ Geveke. (2007) Furan formation in sugar solution and apple cider upon ultraviolet treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 7816–7821.
- (46) Bule MV, *et al.* (2010) Furan formation during UV-treatment of fruit juices. *Food Chemistry* 122: 937-942.
- (47) Yaylayan V. (2006) Precursors, formation and determination of furan in food. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 1: 5-9.
- (48) Vranová J and Z Ciesarová. (2009) Furan in food--a review. *Czech Journal of Food Science* 27: 1–10.
- (49) Fan X, *et al.* (2008) Factors affecting thermally induced furan formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 9490–9494.
- (50) Owczarek-Fendor A, *et al.* (2010c) Unpublished information. Comments by Belgium to the EWG on the furan discussion paper.
- (51) Roberts D, *et al.* (2008) Effect of consumer cooking on furan in convenience foods. *Food Additives and Contaminants* 25: 25-31.
- (52) Fromberg A, *et al.* (2009) Scientific report submitted to EFSA: Furan in heat processed food products including home cooked food products and ready-to-eat products, EFSA Q-2009-00846.
- (53) Kim T-K, *et al.* (2009) Effect of cooking or handling conditions on the furan levels of processed foods. *Food Additives & Contaminants: Part A* 26:767-775.
- (54) Guenther H, *et al.* (2010) Furan in coffee: pilot studies on formation during roasting and losses during production steps and consumer handling. *Food Additives & Contaminants: Part A* 27: 283-290.
- (55) Al-Taher F., *et al.* (2008) Development of a headspace GC/MS method to measure furan in foods and beverages and its application to survey work. Poster Presentation, American Chemical Society Meeting. New Orleans, LA, April 5-10, 2008.
- (56) Fritz H, *et al.* (2005) Analysis of furan in different foods using gas chromatography mass spectrometry (poster). AOAC International.
- (57) Crews C, *et al.* (2009) Survey of furan in foods and coffees from five European Union countries. *Food Additives & Contaminants: Part A*: 1-4.
- (58) Crews C. (2009) Scientific/technical report submitted to EFSA: Consumer exposure to furan from heat-processed foods and kitchen air, EFSA-Q-2009-00847.
- (59) Kuballa T, *et al.* (2005) Furan in kaffee und kaffegetränken. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau: Zeitschrift für Lebensmittelkunde und Lebensmittelrecht* 101: 229-235.
- (60) La Pera L, *et al.* (2009) Analysis of furan in coffee of different provenance by head-space solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry: effect of brewing procedures. *Food Additives & Contaminants: Part A* 26:786-792.
- (61) Van Lancker F, *et al.* (2009) Impact of various food ingredients on the retention of furan in foods. *Molecular Nutrition and Food Research* 53: 1-7.

- (62) Mesías-García M, *et al.* (2010) Determination of furan precursors and some thermal damage markers in baby foods: ascorbic acid, dehydroascorbic acid, hydroxymethylfurfural and furfural. *J Agric Food Chem* 58: 6027-6032.
- (63) Ruiz E, *et al.* (2010) Determination of furan in jarred baby food purchased from the Spanish market by headspace gas chromatography-mass spectrometry (HS-GC-MS). *Food Additives & Contaminants: Part A* 27: 1208-1214.
- (64) Wegener J-W and P López-Sánchez. (2010) Furan levels in fruit and vegetables juices, nutrition drinks and bakery products. *Analytica Chimica Acta* 672: 55-60.
- (65) Owczarek-Fendor A, *et al.* (2010) Furan formation from vitamin C in a starch-based model system: Influence of the reaction conditions. *Food Chemistry* 121: 1163-1170.
- (66) Owczarek-Fendor A, *et al.* (2010) Importance of fat oxidation in starch-based emulsions in the generation of the process contaminant furan. *J Agric Food Chem* 58: 95.

**Apéndice I****Chair**United States

Lauren Posnick Robin  
 Review Chemist  
 Office of Food Safety  
 U.S. Food and Drug Administration  
 HFS-317  
 5100 Paint Branch Parkway  
 College Park, MD 20740  
 301-436-1639 (Phone)  
 301-436-2632 (Fax)  
[lauren.robin@fda.hhs.gov](mailto:lauren.robin@fda.hhs.gov)

**Participants by Country**Australia

Leigh Henderson  
 Food Standards Australia New Zealand  
 E-mail: [leigh.henderson@foodstandards.govt.nz](mailto:leigh.henderson@foodstandards.govt.nz) and  
[codex.contact@daff.gov.au](mailto:codex.contact@daff.gov.au)

Bélgica

Isabel De Boosere  
 Federal Public Service Health, Food Chain Safety and  
 Environment  
 DG Animal, Plant and Food  
 Service Foodstuffs, Feed and Other Products  
 Place Victor Hortaplein 40 box 10  
 1060 Brussels  
 Belgium  
 Telephone: + 32 2 524 73 84; FAX: + 32 2 524 73 99  
 E-mail: [Isabel.deboosere@health.fgov.be](mailto:Isabel.deboosere@health.fgov.be)

Brasil

Maria Aparecida Martinelli  
 Coordinator of Brazilian Codex Committee  
 National Institute for Metrology, Standardization and  
 Industrial Quality - INMETRO  
 Ministry of Development, Industry and Trade  
 Brazil  
 Telephone: +55 61 3340 2211  
 E-mail: [codexbrasil@inmetro.gov.br](mailto:codexbrasil@inmetro.gov.br)

Lígia Lindner Schreiner  
 Expert on Regulation  
 Brazilian Health Surveillance Agency  
 General Office of Foods  
 Brazil  
 Telephone: +55 61 3462 5399  
 E-mail: [ligia.schreiner@anvisa.gov.br](mailto:ligia.schreiner@anvisa.gov.br) and  
[gacta@anvisa.gov.br](mailto:gacta@anvisa.gov.br)

Canadá

Elizabeth Elliott  
 Scientific Evaluator, Food Additives & Contaminants  
 Section  
 Bureau of Chemical Safety, Food Directorate  
 Health Products and Food Branch, Health Canada  
 2201C, Tunney's Pasture, Ottawa, ON K1A 0K9,  
 Canada  
 Telephone: (613) 954-4599; FAX: (613) 990-1543  
 E-mail: [elizabeth.elliott@hc-sc.gc.ca](mailto:elizabeth.elliott@hc-sc.gc.ca)

Unión Europea

Almut Bitterhof  
 European Commission  
 Health and Consumers Directorate-General  
 Telephone: ++32 - 2 - 298 67 58  
 E-mail: [almut.bitterhof@ec.europa.eu](mailto:almut.bitterhof@ec.europa.eu) and  
[codex@ec.europa.eu](mailto:codex@ec.europa.eu)

Alemania

Annette Rexroth  
 Referat 322 / Unit 322  
 Rückstände und Kontaminanten in Lebensmitteln,  
 Lebensmittelbedarfsgegenstände  
 Residues and Contaminants in Food, Food Contact  
 Materials  
 Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und  
 Verbraucherschutz (BMELV)  
 The Federal Ministry of Food, Agriculture and  
 Consumer Protection  
 Rochusstrasse 1  
 D-53123 Bonn  
 Tel.: +49 (0) 228 99 529-3776  
 Fax: +49 (0) 228 99 529-4943  
 Email: [Annette.Rexroth@bmelv.bund.de](mailto:Annette.Rexroth@bmelv.bund.de)

Japón

Yukiko Yamada  
 Deputy Director-General  
 Food Safety and Consumer Affairs Bureau  
 Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries  
 1-2-1 Kasumigaseki, Tokyo 100-8950 Japan  
 Phone: +81 3 3502 8111 (ext. 4409), +81 3 3502 8095  
 (direct)  
 Fax: +81 3 3502 0389  
 E-mail: [yukiko\\_yamada@nm.maff.go.jp](mailto:yukiko_yamada@nm.maff.go.jp)

## Tomoaki Tsutsumi

Title: Section Chief  
 Organization: Food Division, National Institute of  
 Health Sciences  
 Address: 1-18-1 Kamiyoga, Setagaya-ku, Tokyo 158-  
 8501, JAPAN  
 E-mail: [tutumi@nihs.go.jp](mailto:tutumi@nihs.go.jp)



Tetsuo URUSHIYAMA  
 Technical Officer  
 Food Safety and Consumer Policy Division  
 Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries  
 1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8950,  
 Japan  
 Email: [tetsuo\\_urushiyama@nm.maff.go.jp](mailto:tetsuo_urushiyama@nm.maff.go.jp)

Mika WATARI  
 Deputy Director  
 Standards and Evaluation Division, Department of  
 Food Safety, Ministry of Health, Labour and Welfare  
 1-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda-ku  
 Tokyo 100-8916, Japan  
 Phone: +81-3-3595-2341  
 Fax: +81-3-3501-4868  
 E-mail: [codexj@mhlw.go.jp](mailto:codexj@mhlw.go.jp)

#### Suiza

Vincent Dudler  
 Swiss Federal Office of Public Health  
 Food Safety Division  
 Head of Chemical Risks  
 CH-3003 Berne  
 Office: Schwarzenburgstrasse 165, 3097 Liebefeld,  
 Switzerland  
 Telephone: +41 (0)31 322 95 68; FAX +41 (0)31 322  
 95 74  
 E-Mail: [vincent.dudler@bag.admin.ch](mailto:vincent.dudler@bag.admin.ch)  
 Internet: [www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch)

#### Reino Unido

Kevin D. Hargin  
 Head, Environmental & Process Contaminants  
 Chemical Safety Division  
 Food Standards Agency  
 4C Aviation House  
 125 Kingsway  
 London  
 WC2B 6NH  
 Tel: +44 (0)20 7276 8953  
 E-mail: [Kevin.Hargin@foodstandards.gsi.gov.uk](mailto:Kevin.Hargin@foodstandards.gsi.gov.uk)

#### Estados Unidos

Nega Beru  
 Director, Office of Food Safety  
 U.S. Food and Drug Administration  
 HFS-300  
 5100 Paint Branch Parkway  
 College Park, MD 20740  
 301-436-2021 (Phone)  
 301-436-2632 (Fax)  
[nega.beru@fda.hhs.gov](mailto:nega.beru@fda.hhs.gov)

Lauren Jackson  
 U.S. Food and Drug Administration  
 National Center for Food Safety & Technology  
 6502 S. Archer Rd.  
 Summit-Argo, IL 60501  
 708-728-4162 (Phone)  
 708-334-9917 (Cell)  
[lauren.jackson@fda.hhs.gov](mailto:lauren.jackson@fda.hhs.gov)

Henry Kim  
 Chief, Plant Products Branch  
 Office of Food Safety  
 U.S. Food and Drug Administration  
 HFS-317  
 5100 Paint Branch Parkway  
 College Park, MD 20740  
 301-436-2023 (Phone)  
 301-436-2632 (Fax)  
[henry.kim@fda.hhs.gov](mailto:henry.kim@fda.hhs.gov)

#### Zambia

Maimouna Abass  
 Agricultural Research Officer  
 Zambia Agricultural Research Institute  
 Plant Quarantine and Phytosanitary Service  
 P/Bag 7  
 Chilanga, Zambia  
 Telephone: +260 211 278141; FAX: +260 211 27130  
 Telephone mobile: +260 977 547581  
 E-mail: [viczhane@gmail.com](mailto:viczhane@gmail.com)

#### **Participants by Organization**

##### Confederation of the Food and Drink Industries of the EU (CIAA)

Beate Kettlitz  
 Director Food Policy, R & D, and Science  
 Confederation of the Food and Drink Industries of the EU  
 Email: [b.kettlitz@ciaa.eu](mailto:b.kettlitz@ciaa.eu)  
<http://www.ciaa.eu>  
 Tel: +32 2 5008750; Fax: +32 2 5081021

##### International Council of Grocery Manufacturer Associations (ICGMA)

Nancy J. Rachman, PhD  
 Senior Director of Science Policy, Chemical Safety  
 GMA  
 1350 I St, NW  
 Suite 300  
 Washington, DC 20005, USA  
 Telephone: (202) 639-5958; FAX: (202) 639-5991  
 E-mail: [NRachman@GMAonline.org](mailto:NRachman@GMAonline.org)

##### Institute of Food Technologists (IFT)

James R. Coughlin  
 President, Coughlin & Associates:  
 Consultants in Food/Chemical/Environmental  
 Toxicology and Safety  
 8 Camillo  
 Aliso Viejo, CA 92656, USA  
 Telephone: 949-916-6217; FAX: 949-916-6218  
 E-mail: [jrcoughlin@cox.net](mailto:jrcoughlin@cox.net)

Rosetta Newsome  
 Director, Science and Policy Initiatives  
 Institute of Food Technologists®  
 525 W. Van Buren Street, Suite 1000  
 Chicago, IL 60607-3830  
 Telephone: 312-604-0228; FAX: 312-596-5628  
 E-mail: [mnewsome@ift.org](mailto:mnewsome@ift.org)

World Health Organization (WHO)

Dr Angelika Tritscher

WHO Joint Secretary to JECFA and JMPR

Department of Food Safety and Zoonoses

World Health Organization

20, Avenue Appia, CH-1211 Geneva 27, Switzerland

Telephone: +41 22 791 3569; FAX: +41 22 791 4807

Telephone mobile: +41 79 633 9995

E-mail: [tritschera@who.int](mailto:tritschera@who.int)

Internet: [www.who.int/ipcs/food/en/](http://www.who.int/ipcs/food/en/)