

comisión del codex alimentarius

S



ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA
Y LA ALIMENTACIÓN

ORGANIZACIÓN
MUNDIAL
DE LA SALUD



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 13 del programa

CX/CF 07/1/16
Febrero de 2007

**PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS
COMITÉ DEL CODEX SOBRE CONTAMINANTES DE LOS ALIMENTOS
1ª reunión
Beijing (China), 16 al 20 abril de 2007**

ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN POR
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP) EN LOS ALIMENTOS PRODUCIDOS
POR PROCEDIMIENTOS DE AHUMADO Y SECADO DIRECTO

(N07-2006)

(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 15 de marzo de 2007**, a la atención de la Sra. Tanja Åkesson, Secretaría 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. El Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos decidió en su 38ª reunión iniciar un nuevo trabajo para la elaboración de un anteproyecto de código de prácticas para reducir la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en los alimentos producidos por procedimientos de ahumado y secado directo, y convino en establecer un grupo de trabajo por medios electrónicos para que procediera a preparar un proyecto inicial para su distribución, recabar observaciones en el trámite 3 y someterlo a examen en el trámite 4 en la primera reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos (ALINORM 06/29/12 Párr. 188).
2. La Comisión del Codex Alimentarius en su 29º período de sesiones aprobó la elaboración de un Código de Prácticas para Reducir la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) en los Alimentos por Procedimientos de Ahumado y Secado Directo (N07-2006) como nuevo trabajo para el Comité (véase ALINORM 06/29/41, Párr. 124 y apéndice VIII).
3. Se invita al Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos a que en su primera reunión debata el Anteproyecto de Código de Prácticas para Reducir la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH) en los Alimentos por Procedimientos de Ahumado y Secado Directo presentado como ANEXO a este documento. Asimismo se invita al Comité a tomar en consideración el informe del grupo de trabajo por medios electrónicos que se presenta en los párrafos 4 a 12 de este documento.

INFORME DEL GRUPO DE TRABAJO POR MEDIOS ELECTRÓNICOS

4. Tal como acordó el Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos en su 38ª reunión, el grupo de trabajo por medios electrónicos preparó el Anteproyecto de Código de Prácticas para Reducir la Contaminación por Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) en los Alimentos por Procedimientos de Ahumado y Secado Directo bajo la dirección de Dinamarca. En el grupo de trabajo por medios electrónicos participan Australia, Bélgica, Cuba, la Comunidad Europea, Ghana, la India, Japón, Tailandia, Filipinas, Polonia, España, Reino Unido, los Estados Unidos de América e INC.

5. En la 36ª reunión del Comité del Codex sobre Aditivos Alimentarios y Contaminantes de los Alimentos (CCFAC), la delegación de Dinamarca ofreció desarrollar un código de prácticas para reducir la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) de los alimentos durante la elaboración de los alimentos. Al ver que estas sustancias serían evaluadas por el Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) en 2005, el Comité consideró que sería prematuro dar comienzo a la elaboración de un código de prácticas y decidió que se preparase un documento de debate que describiera la problemática de los HAP en los alimentos para la 37ª reunión del CCFAC (ALINORM 04/27/12, Párr. 217).

6. El JECFA evaluó los HAP en su 64ª reunión en febrero de 2005 y concluyó que el efecto más grave de los HAP es su carcinogenia y que algunos son genotóxicos. No pudo suponer un mecanismo inicial o establecer una ingestión semanal tolerable provisional (ISTP). El Comité concluyó que las ingestiones estimadas de HAP eran de poca preocupación para la salud humana en el caso de la ingestión dietética normal, pero manifestó que debía hacerse todo lo posible para reducir la contaminación por HAP durante los procedimientos de secado y ahumado (OMS 2006).

7. En su 37ª reunión el CCFAC convino en establecer un grupo de trabajo para revisar el documento de debate, elaborar un esbozo de código de prácticas y un documento de proyecto para entregarlo a la Comisión del Codex Alimentarius (CAC). En su 38ª reunión el CCFAC acordó recomendar a la CAC que el Comité pusiera en marcha nuevo trabajo sobre un código de prácticas para la reducción de HAP en los alimentos y limitara su alcance a un consejo general sobre los procesos de:

- a. ahumado y
- b. secado directo.

8. Muchos contaminantes químicos se forman durante la combustión de combustible. Entre los ejemplos se encuentran HAP, dioxinas, formaldehído y nitrógeno, y óxidos de azufre. Además, en los gases de combustión se han encontrado también metales pesados. Los tipos y las cantidades dependen del combustible utilizado, la temperatura y otros parámetros posibles (Nielsen e Illerup, 2003). Estos contaminantes pueden ser un problema para la inocuidad alimentaria bien como tales o debido a la reacción por ejemplo del óxido nitroso con componentes del alimento, dando lugar a la formación de nitrosaminas.

9. Este código de prácticas se concentra únicamente en los HAP. Sin embargo, la posible interferencia entre los niveles de contaminantes como HAP, aminos heterocíclicos y nitrosaminas no siempre se entiende, y debe destacarse que las condiciones que dan lugar a una reducción de un contaminante pueden dar lugar al incremento de los niveles de otros contaminantes o reducir el estándar microbiológico de los productos. Debe subrayarse que toda orientación para reducir al mínimo los HAP no deberá dar lugar a un incremento de los demás contaminantes, como por ejemplo las nitrosaminas.

10. Este código de prácticas se elabora como medio para difundir estrategias que faciliten la reducción de HAP en los alimentos comercializados internacionalmente. El código aborda las técnicas de reducción establecidas que según la bibliografía y un entorno comercial se ha demostrado que son efectivas.

11. El código se concentra solamente en los alimentos producidos mediante procesos de ahumado o secado directo. Describe algunos elementos esenciales de Buenas Prácticas de Fabricación y cómo la evaluación de la contaminación potencial de los alimentos por HAP vinculada a la elección de los procesos podría reducir la formación de HAP.

12. La intención de este código de prácticas es proporcionar instrumentos para optimizar los procesos de ahumado y secado a fin de reducir o eliminar los HAP en los alimentos finales. El código de prácticas debe reconocer las ventajas del ahumado y el secado, incluyendo la disponibilidad de productos alimenticios ahumados de forma tradicional, la prevención de la degradación, la contaminación y proliferación microbiológica, y el potencial para reducir los riesgos para la salud humana por los HAP que se forman en los alimentos durante el procesado.

ANEXO

ANTEPROYECTO DE CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAP) EN LOS ALIMENTOS POR PROCEDIMIENTOS DE AHUMADO Y SECADO DIRECTO**INTRODUCCIÓN**

1. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) constituyen una extensa clase de compuestos orgánicos¹ que contienen dos o más anillos aromáticos fusionados formados por átomos de carbono e hidrógeno. Durante los procesos industriales u otras actividades humanas, incluido el procesado y la preparación de alimentos, y la carbonización de la madera para elaborar carbón vegetal, se pueden formar y liberar centenares de HAP distintos debido a pirólisis o combustión incompleta de la materia orgánica (OMS 2006).
2. Los HAP son contaminantes químicos², que pueden encontrarse en los alimentos. Las fuentes de HAP son la contaminación durante el procesado de alimentos o procedente del medioambiente. El Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) llevó a cabo en 2005 una exhaustiva evaluación de riesgos de los HAP (OMS 2006). El Comité recomendó que el contenido de estos contaminantes en los alimentos debía ser lo más bajo que fuera razonablemente posible. En el anexo II se incluye información toxicológica.
3. El contenido de HAP de los alimentos tratados térmicamente es diferente según los procesos utilizados y según la realización de dichos procesos. En el anexo III se encuentran datos de la presencia de la monografía del JECFA (OMS 2006), el informe SCOOP de la UE (Comisión Europea, 2004) y algunos estudios nacionales.
4. De los datos examinados por el Comité Científico de los Alimentos de la UE (actualmente la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria), los cereales, hortalizas, grasas y aceites son los principales contribuidores de HAP a la dieta, siendo la contribución del pescado y la carne a la parrilla/ahumado/a la barbacoa relativamente baja, salvo en las culturas en que constituyen una parte importante de la dieta (Comisión Europea, 2002).
5. Los procesos de secado podrían ser una fuente potencial de HAP en los cereales y semillas oleaginosas, por ello es necesario controlar también los niveles de HAP en los cultivos agrícolas después de la cosecha, haciendo referencia especialmente a la fuente de contaminación, puesto que estos cultivos pueden tener un impacto importante en la ingestión de HAP a través de los alimentos.
6. En el código de prácticas no se aborda la contaminación de los alimentos por HAP a través de la contaminación medioambiental. Esta contaminación debería controlarse mediante medidas dirigidas a la fuente de la contaminación, como filtrando el humo de las industrias pertinentes (p.ej. obras de cemento, incineración y metalurgia) o bien limitando las emisiones de HAP de los automóviles. Las buenas prácticas agrícolas (BPA) durante el cultivo y hacer una selección apropiada de los terrenos agrícolas, podrían reducir también la contaminación medioambiental de los alimentos por HAP, además de no recoger mariscos de aguas contaminadas.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y CONDICIONES GENERALES EN EL BUEN PROCESADO DE LOS ALIMENTOS

7. Los productores de alimentos deberían realizar un análisis del peligro de los puntos esenciales en los procesos utilizados o destinados a ser utilizados en la producción de alimentos. En el análisis debería tomarse en consideración si pueden utilizarse procesos alternativos para obtener el resultado deseado.

¹ La lista que figura en la evaluación del JECFA se encuentra en el Anexo I.

² Los *contaminantes* se definen como “toda sustancia no añadida intencionalmente en los alimentos, que esté presente en los mismos como resultado de la producción (incluidas las operaciones realizadas durante el cuidado de los cultivos, durante la cría de los animales y durante la atención veterinaria), de la fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, empaquetado, transporte o detención de dichos alimentos o como resultado de la contaminación medioambiental. El término no incluye los fragmentos de insectos, los pelos de roedores y otras materias extrañas.” (Codex Alimentarius, Manual de Procedimiento, 14^a edición 2004).

8. El análisis del peligro debería incluir la evaluación de la posible formación de contaminantes del proceso, como los HAP y abordar los puntos siguientes:
- ⇒ Fuentes posibles de contaminantes como los HAP
 - ⇒ Posible formación de contaminantes durante el proceso
 - ⇒ Posibles efectos sobre la salud de los consumidores
 - ⇒ Posibilidad de control
 - ⇒ Viabilidad y efectividad de los controles (coste, disponibilidad comercial, peligros ocupacionales).
9. También pueden considerarse legítimos otros factores, como
- ⇒ Las propiedades organolépticas necesarias del producto alimenticio final
 - ⇒ Los efectos de los procesos sobre las propiedades organolépticas y la calidad del producto (el método ideal no debería tener efectos adversos sobre el aspecto, olor, sabor o propiedades nutritivas del producto)
 - ⇒ La percepción y elección de los consumidores.
10. Debería considerarse qué procesos deben utilizarse y si se dispone de un proceso menos contaminante.
11. También debería tomarse en consideración el efecto de todas las opciones de proceso sobre el estado microbiológico del producto alimenticio.

ÁMBITO DE APLICACIÓN DEL CÓDIGO DE PRÁCTICAS

12. Además de estar presente en la materia prima, los HAP pueden formarse también durante el procesado de los alimentos tanto en la preparación comercial como en el hogar, especialmente en:
- El ahumado,
 - El secado,
 - El cocinado (tostado, asado, frito y asado a la parrilla o la barbacoa).
13. El ámbito de aplicación de este código de prácticas se limita a la contaminación de los alimentos por HAP en los procesos comerciales de ahumado y secado directo.
14. El código de prácticas no contempla los HAP en los alimentos que se forman en
- a. La utilización de hierbas y especias en el proceso de ahumado
 - b. Otras técnicas de procesado de los alimentos, incluido el cocinado en el hogar y el sector de restauración
 - c. La contaminación medioambiental
 - d. El agua potable³.

EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA LEGISLACIÓN PERTINENTE

15. Los alimentos procesados cumplirán la legislación y las normas nacionales o internacionales pertinentes, incluyendo los requisitos generales para la protección de los consumidores.

³ *Agua potable* es agua que cumple las normas de calidad del agua potable que se describen en las Directrices de la OMS para la calidad de agua potable.

CONTAMINACIÓN POR HAP DE LOS ALIMENTOS EN LOS PROCEDIMIENTOS DE AHUMADO Y SECADO, OBSERVACIONES GENERALES

16. La formación de HAP durante el ahumado y el secado depende de una serie de variables, como
- El combustible (maderas, diesel, gases, residuos líquidos/sólidos y otros combustibles)
 - El método de cocinado (ahumado y secado directo o indirecto)
 - La distancia entre el alimento y la fuente de calor
 - La posición del alimento con respecto a la fuente de calor
 - El contenido de grasa del alimento y lo que le sucede
 - El tiempo de procesado
 - La temperatura durante el procesado
 - La limpieza y el mantenimiento de los utensilios
17. Los cambios en el método de cocinado o en las técnicas de procesado pueden reducir la cantidad de HAP que se forma en los alimentos. Podrían alterarse de varias formas, utilizando por ejemplo procesos indirectos de secado o ahumado, a través de la selección del combustible para el secado o de las clases de madera en los procesos de ahumado; y modificando los tiempos y las temperaturas de procesado. En tales casos, es importante tener en cuenta los posibles cambios organolépticos en el alimento final.

PROCESOS DE AHUMADO Y SECADO, OBSERVACIONES GENERALES

18. Los procesos tradicionales como el ahumado y el secado directo ofrecen una amplia variedad de texturas y aromas en el alimento, y de ahí una posibilidad de elección más amplia para los consumidores. Muchas clases de alimentos ahumados y secados son productos alimenticios muy apreciados en los lugares en que estos tipos de procesado se han utilizado para prolongar el tiempo de conservación y la calidad, y proporcionar el aroma y la consistencia requeridos por los consumidores. La prolongación del período de validez puede tener también un efecto sobre el valor nutritivo de los alimentos, como por ejemplo el contenido de vitaminas.
19. El combustible utilizado tendrá un impacto sobre los posibles contaminantes del alimento, por ejemplo la contaminación por HAP de los alimentos es diferente si se utiliza madera o paja (Nielsen e Illerup, 2003).

PROCESO DE AHUMADO

20. El ahumado directo es el tipo tradicional de proceso de ahumado en que el humo se desarrolla en la misma cámara en que se elabora el alimento; en el ahumado indirecto se utilizan generadores de humo en que el humo se desarrolla en una cámara aparte y posiblemente se limpia de varias formas antes de introducirlo en la cámara de ahumado. En el ahumado directo se necesitan menos utensilios que en el ahumado indirecto pero puede dar lugar a niveles más altos de HAP en el producto.
21. En muchos países, el ahumado de alimentos como la carne y el pescado, y algunos tipos de queso, se ha realizado durante muchos siglos. Inicialmente, el objetivo era conservar los alimentos, en parte reduciendo el contenido de humedad y en parte mediante la transferencia a los alimentos de componentes antimicrobianos del humo, como los fenoles.
22. Actualmente, el ahumado se utiliza principalmente para lograr el sabor y el aspecto característicos de los alimentos ahumados y la conservación ha pasado a desempeñar un papel secundario. No obstante, el ahumado puede influir todavía en el período de validez del alimento porque los componentes del humo pueden inhibir el desarrollo de algunos microorganismos.
23. En el ahumado tradicional, el combustible principal que se utiliza son varias clases de madera, en algunos casos con hierbas y especias, como por ejemplo enebrinas, para dar un aroma característico. Tales hierbas y especias pueden ser una posible fuente para la contaminación por HAP pero en este código de prácticas no se aborda su uso.
24. La madera consta de tres componentes principales: celulosa, hemicelulosa y lignina (Andersen y Rissum, 1994).

25. El humo se produce mediante la pirólisis del combustible a temperaturas que oscilan entre 300 y 450°C en la zona de calor. La composición del humo depende, entre otras cosas, del tipo y la edad de la madera utilizada, su contenido de agua, la cantidad de oxígeno presente y la duración del tiempo en que se quema.
26. El humo consta de particulados líquidos y sólidos suspendidos en una fase gaseosa. Se estima que las partículas del humo, que generalmente son de un tamaño que oscila entre 0,2-0,4 µm, constituyen el 90% de todo su peso. La composición química del humo es compleja y se han identificado más de 300 componentes (Möhler, K., 1978; Soltes y Elder, 1981; Simko, P. 2005).
27. Los grupos principales de sustancias químicas en el humo son compuestos fenólicos y carbonílicos, ácidos, HAP y óxidos de azufre, y sus productos de reacción. Algunos ejemplos de componentes que se ha comprobado que contribuyen a dar el aroma de humo son: fenol, fenolaldehídos, pentenona, guajacol vinílico y alcifenoles del tipo guajacol. (Soltes, E.J y Elder, T.J., 1981).
28. Los procesos tradicionales de ahumado suelen dividirse en tres grupos según las temperaturas utilizadas en la cámara de ahumado durante el proceso:
 - Ahumado *en frío* con temperatura entre 18 y 25° C. Utilizado p.ej. para el salmón ahumado y salchichas tipo salami.
 - *Semicaliente* con temperaturas en torno a los 40° C. Utilizado p.ej. para bacon y lomo de cerdo.
 - Ahumado *en caliente* es ahumado combinado con el calor resultante a una temperatura de 70-90° C. Se utiliza p.ej. para el arenque, anguilas y salchichas tipo de “frankfurt”.
29. Las propiedades organolépticas de los productos finales serán diferentes y los cambios de los métodos pueden no dar lugar necesariamente a los productos requeridos.
30. Las diferencias en los procesos de ahumado pueden dar lugar a niveles de HAP muy variables en el producto alimenticio final (Comisión Europea, 2002). Entre los factores que influyen en esa variabilidad se encuentran:
 - El tipo y la composición de la madera utilizada para ahumar los alimentos
 - El uso de otros combustibles
 - Ahumado directo o indirecto
 - La utilización de un procedimiento de lavado/enfriamiento por agua después del proceso de ahumado
 - El tipo de generador utilizado
 - La accesibilidad del oxígeno
 - La temperatura y
 - El tiempo de ahumado.

Las circunstancias condicionales y los datos científicos para ilustrar la influencia exacta del uso de los distintos tipos de combustible, tiempo, temperatura etc. son limitados y en el análisis del peligro de los procesos individuales es necesario hacer pruebas específicas.

31. Las distintas variables utilizadas en los procesos deberían evaluarse en relación con un análisis del peligro de los parámetros que son esenciales para la posible formación de HAP en el proceso específico utilizado.

CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS AHUMADOS

32. La elección de la tecnología para el procesado es muy importante para la concentración final de HAP.

Combustible

33. Para el ahumado de alimentos se recomienda utilizar maderas duras como combustible. La madera dura puede utilizarse en forma de virutas o aserrín.
34. Maga et al (1986) revelaron que el uso de tipos de madera blanda, como la madera de mezquita, daba lugar a un incremento de los niveles de benzo[a]pireno en comparación con el uso de madera dura y carbón vegetal. Maga propuso en 1988 utilizar maderas duras en vez de maderas blandas para reducir el contenido de HAP. Sin embargo, las investigaciones llevadas a cabo son limitadas y no coinciden totalmente (Guillén et al, 2000).

35. La conclusión es que, en general, la clase de madera tiene una influencia. Sin embargo, no ha sido posible encontrar referencias para aconsejar el uso de un tipo de madera específico y la recomendación es que deben estudiarse los tipos individuales de madera en relación con la formación de HAP antes de utilizarlos.
36. La madera tratada no debería utilizarse, porque los tratamientos con sustancias químicas para conservarla, impermeabilizarla o hacerla incombustible, etc. pueden producir contaminación de los alimentos así como introducir otros contaminantes, como p.ej. dioxina de las maderas tratadas con pentaclorofenol (PCF) (Hansen y Hansen, 2003).
37. Para algunos alimentos, el efecto de la elección del combustible sobre el sabor puede ser el factor decisivo a la hora de su elección. En cualquier caso, por lo general no deben utilizarse combustibles como diesel, neumáticos viejos o aceite residual incluso como componente parcial, puesto que estos combustibles pueden producir un incremento de los niveles de HAP, y deben evaluarse y analizarse específicamente si se considera su uso.

Proceso: directo versus indirecto

38. Sustituyendo el ahumado directo por el ahumado indirecto se puede reducir considerablemente la contaminación de los alimentos ahumados. En los modernos hornos industriales, un generador de humo externo se puede hacer funcionar automáticamente bajo condiciones controladas para limpiar el humo y regular su flujo cuando se pone en contacto con el alimento. Sin embargo, para operaciones más tradicionales o pequeñas, esta puede no ser una opción.
39. Cuando sea posible, debe utilizarse el lavado o enfriamiento por agua del humo para reducir el contenido de HAP en el alimento final. El enfriamiento por agua se utiliza ya en la industria de la carne y esta clase de lavado del producto después del proceso puede eliminar las partículas que contienen HAP de la superficie del producto (Fabeck, B. y Larsen, J.C., 1986).
40. El tipo de generador utilizado debería basarse en una evaluación de la posible reducción del contenido de HAP en el alimento final y si es posible incluir lavado del humo después del generador y antes de la cámara de humo.
41. Como los HAP están muy vinculados, se puede utilizar un filtro para eliminar el material particulado del humo. Esto debería reducir la posible contaminación con HAP.
42. El oxígeno debe ser adecuado para garantizar la combustión completa del combustible. Una falta de oxígeno puede dar lugar a más formación de HAP en el humo, así como producir monóxido de carbono, que puede ser peligroso para los operarios.

Temperatura

43. La temperatura es importante para la combustión completa del combustible. La composición del humo depende de la temperatura y la temperatura debería modificarse para reducir al mínimo la formación de HAP. No obstante, se necesitan más datos para justificar qué temperaturas serían recomendables.

Tiempo

44. En principio, el tiempo de ahumado debería ser lo más breve posible para minimizar la exposición de las superficies del alimento al humo que contiene HAP. Pero si el ahumado es en caliente, cuando el producto se cocina al mismo tiempo, es esencial cocinarlo suficiente tiempo para que el producto esté hecho del todo. Los datos obtenidos (por Chen y Lin, 1997) ilustran la dependencia del tiempo del ahumado y el asado a la parrilla con carbón vegetal.

Microbiología

45. La calidad microbiológica del producto alimenticio final debe ser evaluada para garantizar que durante el procesado y en el alimento final no pueden desarrollarse microorganismos patógenos.

Resumen del código de prácticas y los puntos esenciales:

El contenido de HAP de los alimentos ahumados se puede minimizar mediante

- a. La utilización de madera dura en vez de madera blanda para generar el humo
- b. No utilizar combustible como diesel, productos de deshecho, especialmente neumáticos o aceite de deshecho que pueden contener niveles importantes de HAP
- c. Siempre que sea posible utilizar el ahumado indirecto en vez del ahumado directo
- d. La selección de los generadores de humo debería incluir una evaluación del contenido resultante de HAP en el humo
- e. Filtrar o enfriar el humo siempre que sea posible
- f. Lavar o enfriar los productos en agua después del ahumado siempre que sea posible
- g. Reducir el tiempo que el alimento está en contacto con humo.

Aromatizantes de humo como alternativa al proceso de ahumado

46. Como alternativa al proceso de ahumado pueden añadirse aromatizantes de humo al alimento. Hay varios tipos de aromas de humo, incluidos algunos extractos de humo y mezclas de sustancias químicas. En principio, ambos tipos de aromatizantes, especialmente los extractos de humo, pueden contener HAP. Pero los niveles están regulados estrictamente por la legislación de la UE⁴.
47. El uso de aromatizantes de humo se considera por lo general menos preocupante para la salud que el proceso de ahumado tradicional. En la producción de aromatizantes de humo, los HAP se pueden suprimir, y pueden fijarse y cumplirse límites máximos para el benz[a]pireno por ejemplo.
48. El uso de aromatizantes de humo no tiene necesariamente el efecto conservante/antimicrobiano del ahumado real. La seguridad microbiana del alimento debe tomarse en consideración en cualquier cambio del ahumado real a la utilización de aromatizantes de humo.

SECADO DIRECTO

49. El secado de alimentos puede realizarse por procesos de secado directos o indirectos. En el proceso de secado directo los gases de combustión están en contacto directo con los alimentos, pero en el secado indirecto el calor se encuentra por ejemplo en un sistema cerrado y no entra en contacto directo con los alimentos
50. En cuanto a los procesos de secado directo e indirecto, en el secado directo se necesitan menos utensilios que en el secado indirecto pero el secado directo puede dar lugar a niveles más altos de HAP en el alimento final.
51. Sustituyendo el secado directo por el secado indirecto se puede reducir considerablemente la contaminación de los alimentos. El secado indirecto no se considera una fuente importante de HAP por ello no se aborda en este código de prácticas ni en este documento.

Combustible a utilizar

52. El tipo de combustible a utilizar para el secado de los alimentos influye en la formación de HAP (Nielsen e Illerup, 2003). El combustible utilizado en el proceso de secado puede afectar al aroma del producto final, por eso es también un punto relevante a considerar.

⁴ *Los aromatizantes de humo* están regulados por la Directiva de la UE para aromatizantes. La regulación incluye un límite para el contenido en la preparación/condensado de aroma de benzo(a)pireno de 10 microgramos/kg y benzo(a)antraceno de 20 microgramos por Kg. Reglamento (CE) N° 2065/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo del 10 de noviembre de 2003 sobre aromatizantes de humo a utilizar o que se pretende utilizar en los alimentos o sobre ellos.

Proceso: directo versus indirecto

53. El secado directo se utiliza para secar cereales, semillas, aceites, leche en polvo, etc. Las operaciones y aplicaciones corrientes de secado/calentamiento directo incluyen el secado para eliminar el agua (y/o otros disolventes/sustancias químicas), añadidos, restantes o generados durante el procesado. En el secado directo se introduce aire caliente directamente en los alimentos y los productos de combustión pueden penetrar directamente en el alimento. Un ejemplo de la contaminación por HAP en el secado directo es la contaminación de aceites vegetales (incluidos los aceites residuales de oliva) en que el aceite ha sido contaminado por HAP durante los procesos tecnológicos (Antonopoulos, K. et al., 2006, Menichini, S. et al. 1991).
54. Los gases calientes de secado pueden generarse utilizando distintos tipos de combustibles que dan lugar a distintos tipos de contaminantes en el aire.

La energía térmica de un sistema debe:

- Calentar la carga del secador hasta la temperatura de vaporización de los componentes “ligeros”
- Vaporizar y/o liberar los líquidos/productos secundarios expulsándolos más allá de la superficie del sólido
- Calentar los sólidos hasta la temperatura final deseada, durante el período de tiempo deseado, y
- Calentar el vapor hasta la temperatura final deseada.

Existen numerosos factores, como el coste de los instrumentos y la disponibilidad de fuentes de energía, que hacen que frecuentemente alimentos similares se sequen de formas muy distintas.

55. En la mayoría de productos distintos a los productos cárnicos los niveles de benzo[a]pireno eran bajos (Kazerouni et al., 2000). En el proyecto SCOOP se notificaron niveles medios de benzo[a]pireno de 0,2 µg/kg para el pan y los panecillos (n = 103) y cereales (n = 63) (Comisión Europea, 2004). Para las palomitas de maíz se encontraron concentraciones de benzo[a]pireno de 0,5 µg/kg. Se ha comprobado que la ingestión de pan/cereales/trigo del ser humano abarca aproximadamente el 30% de la ingestión total de benzo[a]pireno (Larsson, 1986, Kazerouni et al., 2001, Comisión Europea, 2002, Duedahl-Olesen et al., 2006) pese a que los productos individuales de este grupo de alimentos tienen bajos niveles de benzo[a]pireno, véase también el anexo III.
56. Para la fruta desecada el 71% de 158 muestras tenía niveles de benzo[a]pireno inferiores a 2 µg/kg. No obstante, un 10% del número total de muestras tenía concentraciones de benzo[a]pireno superiores a 100 µg/kg (Comisión Europea, 2004). No se incluyó ninguna observación ni explicación del incremento de los niveles.
57. Van der Wielen y colaboradores (2006) informaron de concentraciones de benzo[a]pireno de hasta 85 µg/kg en los aceites de oliva (n=170), mientras que en otros aceites vegetales (n=170) para consumo humano solamente se encontraron concentraciones de benzo[a]pireno de hasta 9 µg/kg. Anteriormente se notificaron concentraciones de benzo[a]pireno que oscilan desde niveles no detectados hasta 64 µg/kg para los aceites vegetales (Dennis et al., 1991, Moret et al. 2000; Comisión Europea, 2004), véase también el anexo III.

CÓDIGO DE PRÁCTICAS PARA LA PRODUCCIÓN UTILIZANDO EL SECADO DIRECTO

58. El secado directo puede hacerse mediante el secado al sol o utilizando gases de combustión calientes de la quema de gases, aceite, madera, residuos sólidos/líquidos, etc.
59. El secado al sol exponiendo los cultivos directamente al sol/aire no debe realizarse cerca de puntos industriales que son fuente de combustión de gases residuales, como incineradoras, centrales eléctricas a carbón, obras de cemento etc. No obstante, las secadoras cubiertas pueden proteger en cierta medida los cultivos de las fuentes industriales. Se debe evitar secar los productos (las vainas de cacao por ejemplo) directamente sobre el asfalto o betún porque son una fuente de HAP.

60. El tipo y la composición del combustible utilizado en el proceso de secado influye en la formación de HAP pero no se dispone de suficientes datos para recomendar combustibles específicos y además algunos combustibles podrían dar lugar a contaminantes específicos si entran en contacto con algunos tipos de alimentos.
61. Se recomienda hacer una evaluación de riesgos del combustible que se pretende utilizar, el proceso real y los alimentos a secar. Esta evaluación debería tomar en consideración las ventajas de utilizar el filtrado de los gases.
62. El uso de otros tipos de combustible puede dar lugar a un incremento del contenido de HAP, y debe evaluarse y analizarse específicamente si se considera su uso.
63. La temperatura para secar debe ser óptima para secar sin dar oportunidad a la formación de HAP. Una temperatura del aire homogénea es importante para evitar el sobrecalentamiento.
64. El tiempo de secado debería ser lo más breve posible para reducir al máximo la exposición del alimento a los gases que pueden dar lugar a la contaminación.
65. Para las semillas de aceite y el aceite de orujo de oliva es necesario utilizar carbón activo como única forma para reducir el contenido de HAP cuando se utiliza el proceso de secado directo. Debería establecerse un sistema de monitoreo para el contenido de HAP y utilizar pasos de perfeccionamiento adicionales (con carbón activo) cuando el nivel de HAP en los alimentos es inaceptable.

Resumen del código de prácticas y los puntos esenciales:

El contenido de HAP de los alimentos secados se puede minimizar

- a. Realizando una evaluación de riesgos del combustible utilizado en contacto con los alimentos a secar.
- b. No utilizando combustible de diesel, productos de deshecho, especialmente neumáticos viejos o aceite de deshecho que pueden contener ya niveles importantes de HAP
- c. No secando cerca de puntos industriales que son fuente de combustión de gas residual, como incineradoras, centrales eléctricas a carbón, obras de cemento etc.
- d. Reduciendo el tiempo que el alimento está en contacto los gases de combustión
- e. Manteniendo los instrumentos limpios y en buen estado (especialmente las secadoras).

REFERENCIAS

- Andersen, P.E, 1978, *Introduktion til Levnedsmiddelteknologi*, bind 1, Polyteknisk Forlag.
- Andersen, P.E. e Rissum, J, 1994: *Introduktion til Vores levnedsmidler*, bind 5, Konservering, Polyteknisk Forlag.
- Antonopoulos, K., Valet, N., Spiratos, D. y Siragakis, G., 2006. Olive oil and pomace olive oil processing. *Grasas y aceites*. 57(1): 56-67.
- Chen, B.H. y Lin, Y.S., 1997. Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons during Processing of Duck Meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 45: 1394-1403.
- Chen, B.H. y Chen, Y.C., 2001. Formation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the smoke from heated model lipids and food lipids. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 49: 5238-5243.
- Consejo de Europa, aspectos de salud por la utilización de aromatizantes de humo como ingredientes de alimentos , 1992 (preparado por Fabech, B. & Gry, J., Dirección de Veterinaria y Alimentación de Dinamarca).
- Dennis, M., J., Massey, R.,C., Cripps, G., Venn, I., Howarth, N. y Lee, G., 1991. Factors affecting the polycyclic aromatic hydrocarbon content of cereals, fats and other food products. *Food Additives and Contaminants*. 8: 517-530.
- Duedahl-Olesen, L., White, S y Binderup, M-L. 2006. Polycyclic Aromatic hydrocarbons (PAH) in Danish smoked Fish and Meat products. *Polycyclic Aromatic compounds* 26: 163-184.
- Comisión Europea, 2004. Informe de expertos participantes en la Unidad 3.2.12. Recopilación de datos de la presencia de hidrocarburos aromáticos policíclicos en los Alimentos.
- Comisión Europea, 2002. Opinión del Comité Científico de Alimentación sobre los riesgos para la salud humana de los hidrocarburos aromáticos policíclicos en los alimentos. SCF/ cs.
- Fabech, B. y Larsen, J.C, 1986: *Røgning af levnedsmidler, kortlægning af anvendte metoder I Danmark* (Smoked foods, - mapping methods used in Denmark).
- Fromberg, A., Højgård, A. y Duedahl-Olesen, L., 2007. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in vegetable oils combining gel permeation chromatography (GPC) with solid phase extraction (SPE) cleanup. Accepted by *Food Additives and Contaminants*.
- Gomaa E.A., Gray, J.I., Rabie, S., Lopez-bote, C y Booren, A.M., 1993. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked food products and commercial liquid smoke flavourings. *Food Additives and Contaminants*. 10: 503-521.
- Guillen, M.D., Sopelana, P. y Partearroyo, M.A., 2000. Determination of Polycyclic aromatic hydrocarbons in commercial liquid smoke flavorings of different compositions by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 48: 126-131.
- Hansen, E. y Hansen, C.L, 2003: substance flow Analysis for dioxin, 2002, COWI for Danish Environmental Protection Agency, Environmental Project No. 811.
- Hopia, A., Pyysalo, H. y Wickström, K., 1986. Margarines, butter and vegetable oils as sources of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 63: 889-893.
- Jira, W., 2004. A GC/MS method for the determination of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in smoked meat products and liquid smokes. *European food research Technology* 218: 208-212.
- Karl y Leinemann, 1996. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fishery products from different smoking kilns. *Z. Lebensmittel. Unters. Forsch* 202: 458-464.
- Kazerouni, N., Sinha, R., Hsu, C-H., Greenberg, A. y Rothman, N., 2001. Analysis of 200 food items for benzo[a]pyrene and estimation of its intake in an epidemiologic study. *Food and Chemical Toxicology*. 39: 423 – 436.
- Larsson, B., Sahlberg, G.P., Eriksson, A.T. y Busk, L.Å., 1983. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Grilled Food. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 32: 867-873.

- Larsson, B.K., Eriksson, A.T. y Cervenka, M., 1987. Polycyclic aromatic hydrocarbons in crude and deodorized vegetable oils. *Journal of American Oil Chemist's Society*. 64: 365-370.
- Lodovici, M., Dolara, P., Casalini, C., Ciappellano, S. y Testolin, G., 1995. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in the Italian diet. *Food Additives and Contaminants*. 12: 703-713.
- Menichini, E., Bocca, A., Merli, F., Ianni, D. y Monfredini, F., 1991. Polycyclic aromatic hydrocarbons in olive oils on the Italian market. *Food Additives and Contaminants*. 8: 363-369.
- Moret, S., Dudine, A. y Conte, L.S., 2000. Processing effects on the polyaromatic hydrocarbon content of grapeseed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 77: 1289-1292.
- Moret, S., Piani, B., Bortolomeazzi, R. y Conte, L.S., 1997. HPLC determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in olive oils. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A*. 205:116-120.
- Pupin, A.M. y Toledo, M.C.F., 1996. Benzo(a)pyrene in olive oils on the Brazilian market. *Food Chemistry*. 55: 185-188.
- Saint-Aubert, B., Cooper, J.F., Astre, C., Spiliotis, J. y Joyeux, H., 1992. Evaluation of the induction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) by cooking on two geometrically different types of barbecue. *Journal of Food Composition Analysis*. 5: 257-263.
- Sánchez, P. y Ruiz, M., 2006. Production of pomace olive oil. *Grasas y aceites*. 57(1): 47-55.
- Simko, Peter, 2005, Factors affecting elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons from smoked meat foods and liquid smoke flavourings. *Mol. Nutri. Res.*, 49, 637-647.
- Speer, K., Steeg, E., Horstmann, P., Kühn, Th. y Montag, A., 1990. Determination and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in native vegetable oils, smoked fish products, mussels and oysters, and bream from the river Elbe. *Journal of High Resolution Chromatography* 13:104-111.
- Van der Wielen, J.C.A., Jansen, J.T.A., Martena, M.J., De Groot, H.N., In't Veld, P.H. 2006. Determination of the level of benzo[a]pyrene in fatty foods and food supplements. *Food Additives and Contaminants* 23: 709-714.
- Lodovici, M., Dolara, P., Casalini, C., Ciappellano, S. y Testolin, G., 1995. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in the Italian diet. *Food Additives and Contaminants* 12: 703-713.
- Mottier, P., Parisod, V. y Turesky, R.J., 2000. Quantitative Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Barbecued Meat Sausages by Gas chromatography Coupled to Mass spectrometry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 48: 1160-1166.
- Möhler, K, 1978 *Das Rauchern*, 1978, *Fleischforschung und Praxis*, Schiftenreihe, Heft 11, Verlag der Rheinhesischen, Druckwerkstätte Alzey.
- Nielsen, M e Illerup, J.B., 2003: Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme, Danmarks Miljøundersøgelser, projekt 3141, delrapport 6.
- Simko, P. (2002). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *Journal of Chromatography B* 770: 3 – 18.
- Sottles, E.J. y Elder, T.J, 1981 *Pyrolysis, Org. chem. Biomass*, p. 63-66, CRC, Boca Raton, Fla..
- Stolyhwo, A. y Sikorski, Z.E., 2005: Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish – a critical review. *Food Chemistry* 91: 303-311.
- Yurchenko, S. y Mölder, U., 2005: The determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish by gas chromatography mass spectrometry with positive-ion chemical ionization. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 857-869.
- OMS, 2006: Hidrocarburos aromáticos policíclicos. WHO Food Additives Series 55: Safety evaluation of certain Contaminants in Food. International Programme of Chemical Safety (IPCS), World Health Organization, Geneva, pp. 563-743.

ANEXO I

Hidrocarburos aromáticos policíclicos que se incluyen en el resumen de la evaluación de riesgos del JECFA

Nombre genérico	Nombre CAS	Nº registro CAS	Abreviatura
Acenafteno	Acenaftileno	83-32-9	AC
Acenaftileno	Acenaftileno, 1,2-dihidro-	208-96-8	ACL
Antantreno	Dibenzo[<i>def,mno</i>]criseno	191-26-4	ATR
Antraceno	Antraceno	120-12-7	AN
Benz[<i>a</i>]antraceno	Benz[<i>a</i>]antraceno	56-55-3	BaA
Benzo[<i>a</i>]fluoreno	11 H-Benzo[<i>a</i>]fluoreno	238-84-6	BaFL
Benzo[<i>b</i>]fluoreno	11 H-Benzo[<i>b</i>]fluoreno	243-17-4	BbFL
Benzo[<i>b</i>]fluoranteno	Benz[<i>e</i>]acefenantrileno	205-99-2	BbFA
Benzo[<i>ghi</i>]fluoranteno	Benzo[<i>ghi</i>]fluoranteno	203-12-3	BghiF
Benzo[<i>j</i>]fluoranteno	Benzo[<i>j</i>]fluoranteno	205-82-3	BjFA
Benzo[<i>k</i>]fluoranteno	Benzo[<i>k</i>]fluoranteno	207-08-9	BkFA
Benzo[<i>ghi</i>]perileno	Benzo[<i>ghi</i>]perileno	191-24-2	BghiP
Benzo[<i>c</i>]fenantreno	Benzo[<i>c</i>]fenantreno	195-19-7	BcPH
Benzo[<i>a</i>]pireno	Benzo[<i>a</i>]pireno	50-32-8	BaP
Benzo[<i>e</i>]pireno	Benzo[<i>e</i>]pireno	192-91-2	BeP
Criseno	Criseno	218-01-9	CHR
Coroneno	Coroneno	191-07-1	COR
Ciclopenta[<i>cd</i>]pireno	Ciclopenta[<i>cd</i>]pireno	27208-37-3	CPP
Dibenz[<i>a,h</i>]antraceno	Dibenz[<i>a,h</i>]antraceno	53-70-3	DBahA
Dibenzo[<i>a,e</i>]pireno	Nafto[1,2,3,4- <i>def</i>]criseno	192-65-4	DBaeP
Dibenzo[<i>a,h</i>]pireno	Dibenzo[<i>b,def</i>]criseno	189-64-0	DBahP
Dibenzo[<i>a,i</i>]pireno	Benzo[<i>rst</i>]pentafeno	189-55-9	DBaiP
Dibenzo[<i>a,l</i>]pireno	Dibenzo[<i>def,p</i>]criseno	191-30-0	DBalP
Fluoranteno	Fluoranteno	206-44-0	FA
Fluoreno	9H-Fluoreno	86-73-7	FL
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pireno	Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]-pireno	193-39-5	IP
5-Metilcriseno	Criseno, 5-metil-	3697-24-3	5-MCH
1-Metilfenantreno	Fenantreno, 1-metil-	932-69-9	1-MPH
Naftaleno	Naftaleno	91-20-3	NA
Perileno	Perileno	198-55-0	PE
Fenantreno	Fenantreno	85-01-8	PHE
Pireno	Pireno	129-00-0	PY
Trifenileno	Trifenileno	217-59-4	TRI

CONSIDERACIONES TOXICOLÓGICAS, Resumen

El JECFA examinó los HAP en febrero de 2005 (OMS 2006).

- a. El Comité llegó a la conclusión que el efecto más grave de los hidrocarburos aromáticos policíclicos es la carcinogenia. Debido a que algunos HAP son también genotóxicos, no se pudo suponer un mecanismo inicial y no pudo establecer una Ingestión Semanal Tolerable Provisional (ISTP). La mayoría de los datos epidemiológicos guardan relación con la exposición ocupacional y medioambiental. Las pruebas disponibles sobre la exposición oral a los HAP eran indirectas y no contenían datos relativos a la exposición cuantitativa, por eso no eran apropiadas para utilizarlas en la evaluación de riesgos de los HAP.
- b. El JECFA utilizó el benzo[a]pireno como un marcador de la carcinogenia de los HAP y evaluó los resultados de estudios recientes en ratas y ratones sobre la carcinogenia del benzo[a]pireno, utilizando un enfoque “margen de exposición” para la evaluación de riesgos de los HAP.
- c. La evaluación actual del JECFA se concentró en los 13 HAP que el Comité reconoció como genotóxicos y carcinógenos: benzo [a] antraceno, benzo [b]fluoranteno, benzo [j]fluoranteno, benzo [k]fluoranteno, benzo [a]pireno, criseno, dibenzo[a,h]antraceno, dibenzo[a, e]pireno, dibenzo[a,h]pireno, dibenzo[a,i]pireno, dibenzo[a,l]pireno, indeno[1,2,3-cd]pireno y 5- metilcriseno.
- d. El JECFA comparó ingestiones medias y de alto nivel de HAP con el límite inferior de confianza para la dosis de referencia calculada para los HAP, y calculó márgenes de exposición (MdE) de 25.000 y 10.000, respectivamente. Los MdE estaban basados en datos disponibles sobre la ingestión y pueden ser un eficaz instrumento para determinar la prioridad de riesgos. En base a estos MdE, el JECFA concluyó que las ingestiones estimadas de HAP eran poco preocupantes para la salud humana.
- e. El JECFA observó que las medidas para reducir la ingestión de HAP podrían consistir en evitar el contacto de los alimentos con las llamas y cocinar con la fuente de calor encima del alimento en vez de debajo del alimento. Debería hacerse todo lo posible para reducir la contaminación por HAP durante los procesos de secado y ahumado, sustituyendo por ejemplo el ahumado directo (con humo producido en la cámara de humo, utilizado tradicionalmente en los humeros) por el ahumado indirecto. Lavar o pelar la fruta antes de consumirla ayudaría a eliminar los contaminantes de superficie.
- f. El JECFA recomendó que en el futuro la supervisión debía consistir, sin estar restringida a ello, en el análisis de los 13 HAP reconocidos como genotóxicos y carcinógenos, es decir, benzo[a]antraceno, benzo[b], benzo[j] y benzo[k]fluoranteno, benzo[a]pireno, criseno, dibenzo[a,h]antraceno, dibenzo[a,e], dibenzo[a,h], dibenzo[a,i] y dibenzo[a,l]pireno, indeno[1,2,3-cd]pireno y 5-metilcriseno. Además, el análisis del benzo[c]fluoreno en los alimentos podía servir de ayuda para informar en las evaluaciones futuras.
- g. En la Unión Europea, el Comité Científico de Alimentación (Comisión Europea, 2002) evaluó treinta y tres HAP. Entre estos, hay 15, a saber benzo[a]antraceno, benzo[b]-, benzo[j]- y benzo[k]fluoranteno, benzo[ghi]perileno, benzo[a]pireno, criseno, ciclopenta[cd]pireno, dibenzo[a,h]antraceno, dibenzo[a,e]-, dibenzo[a,h]-, dibenzo[a,i]-, dibenzo[a,l]pireno, indeno[1,2,3-cd]pireno y 5-metilcriseno, que muestran claras señales de mutagenicidad/genotoxicidad en las células somáticas en ensayos con animales *in vivo*.
- h. En la mayoría de los HAP, el potencial carcinógeno representa el efecto esencial para la caracterización del peligro y el riesgo. Por lo general, la evidencia genotóxica muestra una coincidencia considerable con la carcinogenia, conforme a la relación mecanicista entre la formación de aducción de ADN, las mutaciones y la aparición del cáncer tras la exposición a los HAP.
- i. Con la excepción de benzo[ghi]perileno, los 15 HAP genotóxicos (evaluados por el Comité Científico de la Unión Europea sobre Seguridad Alimentaria) han mostrado también claros efectos carcinógenos en varios tipos de bioensayos experimentales en animales. Pese a que sólo el benzo[a]pireno se ha ensayado adecuadamente mediante la administración dietética, se puede considerar que estos compuestos son potencialmente genotóxicos y carcinógenos en el ser humano. Constituyen un grupo prioritario para evaluar el riesgo de que a largo plazo aparezcan efectos adversos para la salud tras la ingestión dietética de HAP.

- j. En el informe resumido del JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, febrero de 2005), el Comité observa que no han recibido ningún dato sobre la presencia en el formato SIMUVIMA/alimentos. Pese a ello, en base a los datos de la unidad especial SCOOP de la Unión Europea y de informes de IPCS, se observó que los principales alimentos que contienen concentraciones más elevadas de HAP son los productos cárnicos y pesqueros, especialmente los asados a la parrilla y a la barbacoa, aceites y grasas, cereales y alimentos deshidratados.
- k. A continuación se ofrecen algunos ejemplos del contenido de HAP en los alimentos después de su procesado por secado y ahumado, y de su cocción a altas temperaturas (a la parrilla, asados, fritos):
- En alimentos no cocinados los valores base medios giran generalmente en torno a 0,01 y -0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$.
 - En la carne asada a la barbacoa se han encontrado niveles del HAP individual benzo[a]pireno que llegan a 157 $\mu\text{g}/\text{kg}$.
 - En alimentos ahumados de manera tradicional, la media de benzo[a]pireno fue de 1,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ con un total de compuestos carcinógenos de 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$. En los hornos modernos los valores fueron de 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y 4,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente.
 - En el aceite de maíz se ha notificado un nivel de 10,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de benzo[a]pireno.

Sin embargo, en estudios nacionales se han mostrado concentraciones mucho más elevadas, como p.ej. en Finlandia⁵ donde en un estudio de 2003 las concentraciones de benzo[a]pireno variaban desde cero hasta 34 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y las del total de compuestos de HAP (19 compuestos) desde 42 hasta 9000 $\mu\text{g}/\text{kg}$. El estudio muestra que en los productos cárnicos ahumados por ejemplo el total de concentraciones de HAP puede ser muy elevado.

⁵ Agencia Nacional de Alimentación, Finlandia, 2003.

ANEXO III

CONTENIDO DE HAP EN ALGUNOS ALIMENTOS AHUMADOS Y DESECADOS

- a. Ejemplos del efecto que las diferencias en el proceso de ahumado pueden tener en los niveles de HAP son el contenido de doce HAP en productos pesqueros que han sido ahumados en hornos de ahumado modernos, dotados de generación externa de humo y con procedimientos que eliminan los compuestos de alta ebullición como los HAP y las partículas que pueden contener HAP, y han sido comparados con los productos ahumados en hornos tradicionales en los que el humo se genera en contacto directo con el producto.
- b. La concentración media de benzo [a] pireno que se determinó para los hornos tradicionales era de 1,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y de 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para los hornos modernos (Kart y Leinemann, 1996). Se han confirmado niveles de benzo[a]pireno más altos en el pescado ahumado de manera tradicional en comparación con el pescado ahumado externamente por los resultados en anguila (n=7) y salmón (n=3) con concentraciones incluso más bajas de benzo[a]pireno en el salmón ahumado en frío (Karl y Leinemann, 1996).
- c. En 2005, Yurchenko y Mölder confirmaron la tendencia de que la caballa ahumada en frío (n=6) y el arenque (n=4) no tenían niveles detectables de benzo[a]pireno (<0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$) en comparación con las variedades (n=4) ahumadas en caliente que tenían concentraciones de benzo[a]pireno de 0,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Sin embargo del análisis de arenque (n=7) y caballa (n=9) producidos por ahumado directo o indirecto no se reveló estadísticamente concentraciones medias diferentes importantes de benzo[a]pireno (Duedahl-Olesen et al., 2006). No obstante, se encontraron niveles más altos en una caballa (0,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y un arenque (3,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) ahumados por procesos de ahumado directos utilizando madera de aliso común para la formación del humo. En el cuadro 1 se incluyen resultados de estudios recientes sobre los distintos métodos de elaboración del pescado.
- d. Por otra parte, de los datos recopilados por la Unidad de Cooperación Científica de la Unión Europea (Comisión Europea, 2004) se desprendió una concentración media de benzo[a]pireno en el pescado fresco de 0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (n=454) incluyendo 11 muestras tomadas en la supervisión de zonas contaminadas. Para el pescado ahumado se notificaron concentraciones medias de benzo[a]pireno utilizando métodos de ahumado desconocidos (n=127) y para el pescado ahumado por métodos tradicionales (n=213) de 1,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y 5,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, respectivamente (Comisión Europea, 2004). En comparación, la adición de aromatizantes líquidos de ahumado al pescado (n=12) dio lugar a concentraciones medias de benzo[a]pireno de 0,03 $\mu\text{g}/\text{kg}$.
- e. En las partes comestibles del pescado expuestas al humo se comprobó un incremento de las concentraciones de benzo[a]pireno. Esto se ilustró mediante filetes de caballa con concentraciones de benzo[a]pireno de 0,4 y 0,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en comparación con las concentraciones <0,08 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en toda la caballa (Duedahl-Olesen et al., 2006). En 1996, Karl y Leinemann notificaron que el ahumado externo de filetes de caballa daba lugar a una concentración de benzo[a]pireno de 0,15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (n=11), mientras que en el ahumado tradicional se obtenían niveles de 0,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (n=7).
- f. Los niveles de benzo[a]pireno de los productos cárnicos que se producen hoy en día no parecen suponer problemas. La concentración de benzo[a]pireno es muy inferior a 5 ppb. Duedahl-Olesen y colaboradores notificaron niveles de benzo[a]pireno para productos daneses como el bacon, pequeñas salchichas y salami muy inferiores al máximo de 0,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ notificados por la OMS en 1998 para la carne, el pescado y productos cárnicos. Jira (2004) encontró concentraciones de benzo[a]pireno de 0,12 $\mu\text{g}/\text{kg}$ que oscilan entre 0,05 y 0,35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para el jamón y las salchichas ahumadas (n=18).
- g. Larsson concluyó ya en 1983 que la formación de benzo[a]pireno en la carne se ve afectada en gran medida por el método de cocinado y el tiempo que dura el cocinado. Kazerouni et al (2001) notificaron concentraciones de benzo[a]pireno para otros productos producidos comercialmente como el bacon y el salami, el jamón y las salchichas ahumadas preparadas como paquete estándar de menos de 0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$.
- h. En los cuadros siguientes se utilizan tanto los términos secado y ahumado como secado o ahumado directo o indirecto. Para el ahumado o secado directo o tradicional la fuente de formación de humo se coloca en la misma cámara que el producto alimenticio final, mientras que en el ahumado o secado indirecto, un generador forma el humo externamente.

Cuadro 1. Pescado

Concentraciones de benzo[a]pireno en pescado ahumado según condiciones distintas de procesado ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
n.d. (no detectado).

Alimento	Indirecto	Directo	Otros	Referencia
Pescado fresco			0,2 (\pm 0,7)	Comisión Europea, 2004
Pescado ahumado	1,4 (\pm 7,2) (método desconocido)	5,3 (\pm 21,7) (tradicional)	0,03 (\pm 0,02) (aromatizante de humo líquido)	Comisión Europea, 2004
Caballa	<0,08 (n = 5)	0,18 (n = 4)	una muestra, directo 0,72	Duedahl-Olesen et al., 2006
Arenque	<0,10 (n = 3)	0,15 (n = 4)	una muestra, directo 3,9	Duedahl-Olesen et al., 2006
Filetes de caballa		0,44 – 0,93		Duedahl-Olesen et al., 2006
Filetes de caballa	0,15	0,6		Karl y Leinemann, 1996
Anguila	0,02 (n.d. – 0,1)	1,1 (0,3 – 3,9)		Karl y Leinemann, 1996
Salmón	0,06	1,0	0,04 (ahumado en frío)	Karl y Leinemann, 1996
Arenque/caballa		0,7 (ahumado en caliente)	n.d. (ahumado en frío, LOD = 0,24) n.d. (arenque fresco)	Yurchenko y Mölder, 2005
Salmón		0,8 (ahumado en caliente)	0,4 (ahumado en frío)	Yurchenko y Mölder, 2005

Cuadro 2. Carne

Concentraciones de benzo[a]pireno ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en productos cárnicos ahumados o asados a la parrilla en distintas condiciones.

Alimento				Referencias
Productos cárnicos ahumados	$1,7 \pm 6,7$ (n= 145, método desconocido)	$3,3 \pm 11,7$ (n = 1023, ahumado tradicional)	$0,02 \pm 0,03$ (n=198, aromatizante líquido)	Comisión Europea, 2004
Frankfurt	0,3 (fuego de carbon vegetal) 0,2 (horno eléctrico) 0,1 (sartén)	54,2 (fuego de madera) 7,7 (ascuas de fuego de madera) 17,6 (fuego de piñas)		Larsson et al., 1983
Hamburguesa	0,01 (asado al horno)	0,01 (frito)	a la parrilla/barbacoa 0,09 (sonrosada), 0,6 (bien hecha), 1,5 (muy hecha)	Kazerouni et al., 2001
Hamburguesa a la parrilla/ barbacoa en el restaurante	0,73 (sonrosada)	1,2 (bien hecha)	1,4 (muy hecha)	Kazerouni et al., 2001
Filete	0,01 (asado al horno)	0,01 (frito)	4,2 (sonrosado) 4,8 (bien hecho) (a la parrilla/ barbacoa)	Kazerouni et al., 2001
Carne a la barbacoa	1,5			Lodovici et al., 1995
Cerdo a la barbacoa	0,1			Lodovici et al., 1995
Empanada cocida (70-90% sin grasa)	n.d. – 0,1 (madera dura, carbón vegetal)	26 – 42 (madera de mezquita)		Maga, 1986
Productos cárnicos ahumados	0,12 (jamón curado ahumado n=8, salchicha cruda ahumada, n=10)			Jira., 2004
Salchicha de cordero	$0,32 \pm 0,02$ (a la barbacoa normal)	$2,81 \pm 0,04$ (a la barbacoa intensamente)		Mottier et al., 2000
Productos de cerdo	0,5 – 2,3 (ahumado con madera)	2,5 (a la parrilla)	0,2 (aromatizantes líquidos)	Gomaa et al., 1993
Pollo con piel y huesos	0,08 (asado al horno)	0,12 (frito)	4,6 (a la parrilla/barbacoa)	Kazerouni et al., 2001
Pollo, entero	0,01 (estofado)	0,01 (asado)		Kazerouni et al., 2001
Pollo deshuesado	0,12 (asado al horno)	0,10 (frito)	0,4 (a la parrilla/barbacoa)	Kazerouni et al., 2001
Filete de pechuga de pato	6,9 (ahumado 0,5 h) 6,9 (ahumado 1 h)	9,0 (ahumado 1,5 h) 10,6 (ahumado 2 h)	13,9 (ahumado 3 h)	Chen and Lin, 1997

Filete de pechuga de pato	9,2 asado a la parrilla con carbón vegetal sin piel (0,5 h) 3,7 asado a la parrilla con carbón vegetal con piel (0,5 h)	8,4 asado a la parrilla con carbón vegetal sin piel (1 h) 5,0 asado a la parrilla con carbón vegetal con piel (1 hr)	8,5 asado a la parrilla con carbón vegetal sin piel (1,5 h) 5,0 asado a la parrilla con carbón vegetal con piel (1,5 h)	Chen and Lin, 1997
Pollo	n.d. – 0,1 (ahumado con madera, aromatizante)	0,7 – 0,8 (a la barbacoa)		Gomaa et al., 1993
Pechuga, salchicha y bacon de pavo	0,1 – 0,4 (ahumado con madera)		n.d. (LOD = aromatizante líquido)	Gomaa et al., 1993

Cuadro 3. Concentración media, oscilaciones y mediana de benzo[a]pireno en µg/kg para aceites vegetales analizados con país de origen, incluyendo valores de referencia (de Fromberg et al., 2007)

Vegetable oil	N	Average	Range	Median	Origin
Olive oil, extra virgin	46	0.15	<0.2-0.4	0.10	IT, ES, GR, FR, NL
Olive oil	6	0.12	<0.2-0.2	0.10	IT, ES
Rapeseed oil	8	0.15	<0.2-0.3	0.10	DK, BE, DE, AT
Sunflower oil	3	0.4	<0.2-0.8	0.3	IT
Sunflower oil	1	11			NL
Grape seed oil	4	1.0	0.2-1.8	1.0	IT, ES, BE
Sesame oil	1	0.2			DE
Reference					
Virgin olive oil	671	0.4	0.015 - 32	0.2	European Comm., 2004
Virgin olive oil	2		<0.02 - 0.7		Hopia et al., 1986
Virgin olive oil	52		<0.015 - 1.2		Moret et al., 1997
Virgin olive oil	6		< 3		Menichini et al., 1991
Virgin olive oil	3	0.1			Lodovici et al., 1995
Olive oil	280	1.7	0.03 - 89	0.3	European Comm., 2004
Olive oil	32		0.5 - 164		Pupin and Toledo, 1996
Olive pomace oil	268	18	<0.1 - 206	9.6	European Comm., 2004
Olive oil	7	0.7	0.2 - 1.2		Speer et al., 1990
Rapeseed oil, deod.	2	0.8	0.3 - 1.3		Larsson et al., 1987
Rapeseed oil	18	0.3	<0.03 - 1.3	0.1	European Comm., 2004
Refined rapeseed oil	24	1.8	0.3 - 69		Dennis et al., 1991
Sunflower oil	5	0.7	<0.1 - 0.8		Speer et al., 1990
Sunflower oil	201	3.1	<0.015 - 232	0.4	European Comm., 2004
Grape seed oil	92	4.2	0.05 - 73	0.6	European Comm., 2004
Grape seed oil	20	20	8.6-44		Moret et al., 2000

Deod. = aceite desodorizado.

Códigos de origen: AT = Austria, BE = Bélgica, DE = Alemania, DK = Dinamarca, ES = España, FR = Francia, GR = Grecia, IT = Italia, NL = Holanda.

Cuadro 4. Otros alimentos. Concentraciones de benzo[a]pireno en otros tipos de alimentos.

Alimento	N	BaP	Mediana	Referencia
Panes y panecillos	103	0,16 (\pm 0,55)	0,05	Comisión Europea, 2004
Cereales	63	0,16 (\pm 0,31)	0,05	Comisión Europea, 2004
Frutas desecadas	158	48,1 (\pm 5,30)	0,25	Comisión Europea, 2004