

commission du codex alimentarius



ORGANISATION DES NATIONS
UNIES POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE

ORGANISATION
MONDIALE
DE LA SANTÉ



F

BUREAU CONJOINT: Viale delle Terme di Caracalla 00153 ROME Tél: +39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Point 13 de l'ordre du jour

CX/CF 07/1/16

Février 2007

PROGRAMME MIXTE FAO/WHO SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMITE DU CODEX SUR LES CONTAMINANTS DANS LES ALIMENTS

Première Session

Beijing, Chine, 16 - 20 avril 2007

**AVANT-PROJET DE CODE D'USAGES POUR LA RÉDUCTION DE LA CONTAMINATION DES
DENRÉES ALIMENTAIRES PAR LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES
(PAH) LORS DES PROCESSUS DE FUMAGE ET DE SÉCHAGE PAR CONVECTION**

(N07-2006)

(A l'étape 3 de la procédure d'élaboration)

Les gouvernements et les organisations internationales sont invités à soumettre leurs commentaires sur les questions suivantes **avant le 15 mars 2007**, de préférence sous format électronique, à l'attention de Mme Tanja Åkesson, les Pays-Bas, au secrétariat Du Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments, N° de télécopie : +31 70 3786141; E-mail: info@codexalimentarius.nl et d'en adresser une copie au Secrétaire de la Commission du Codex Alimentarius, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, Viale delle Terme di Caracalla, 001053 Rome, Italie (Télécopie: +39.06.5705.4593 ; Courrier électronique : Codex@fao.org).

HISTORIQUE

1. Lors de sa trente-huitième session, le Comité Codex sur les additifs alimentaires et les Contaminants (CCFAC), est convenu de débiter de nouveaux travaux pour développer un avant-projet de Code d'usages pour la réduction de la contamination des aliments avec les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH) issus des processus de fumage et de séchage directs des aliments et est convenu d'établir un groupe de travail électronique pour la préparation d'un projet initial, pour distribution, observations à l'étape 3 et examen à l'étape 4 lors de la première session du Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments (ALINORM 06/29/12 para. 188).
2. La Commission du Codex Alimentarius lors de sa 29^{ème} session a approuvé l'élaboration d'un Code d'usages pour la réduction de la contamination des aliments avec les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH) issus des processus de fumage et de séchage directs des aliments (N07-2006) en tant que nouvelle activité pour le Comité (voir ALINORM 06/29/41, para.124 et Annexe VIII).
3. le Comité du Codex sur les Contaminants dans les aliments, lors de sa première session, est invité à discuter de l'avant-projet de code d'usages pour la réduction de la contamination des aliments avec les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH) issus des processus de fumage et de séchage directs des aliments ainsi que cela est présenté dans l'ANNEXE de ce document. Le Comité est aussi invité à porter son attention sur le rapport du groupe électronique ainsi qu'il est présenté dans les paragraphes 4-12 de ce document.

RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL ELECTRONIQUE

4. Ainsi qu'il en a été convenu lors de sa trente-huitième session, par le Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants (CCFAC), le groupe de travail électronique dirigé par le Danemark a préparé l'avant-projet de code d'usages pour la réduction de la contamination des aliments avec les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH) issus des processus de fumage et de séchage directs des aliments. Le groupe de travail électronique comprend l'Australie, la Belgique, Cuba, la Communauté européenne, le Ghana, l'Inde, le Japon, la Thaïlande, les Philippines, la Pologne, l'Espagne, le Royaume-Uni, les Etats-Unis d'Amérique, l'IFT et l'INC.
5. Lors de la trente-sixième session du Comité Codex sur les additifs alimentaires et les Contaminants (CCFAC), la délégation du Danemark a proposé de développer un code d'usages pour la réduction dans les aliments des hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH) durant la transformation des produits alimentaires. En faisant remarquer que ces substances seraient évaluées par le JECFA en 2005, le comité a considéré qu'il était prématuré de débiter l'élaboration d'un Code d'usages et est convenu de développer un document de travail pour exposer les questions relatives à la présence de PAH dans les aliments pour la 37^{ème} session du CCFAC (ALINORM 04/27/12, para. 217).
6. Le JECFA a évalué le PAH lors de sa soixante-quatrième session en février 2005 et a conclu que l'effet critique du PAH est cancérigène et que certains PAH sont génotoxiques. Il n'était pas possible de présumer d'un mécanisme de seuil ou d'établir une dose hebdomadaire tolérable (PTWI). Le Comité a conclu que les doses estimées de PAH étaient peu préoccupantes pour la santé publique dans le cas d'une ingestion alimentaire normale mais a affirmé que des efforts devraient être faits pour réduire la contamination par les PAH durant les processus de fumage et de séchage directs des aliments (WHO 2006).
7. Lors de sa 37^{ème} session, le CCFAC est convenu d'établir un groupe de travail afin de réviser le document de travail et de développer un cadre pour un Code d'usages (COD) ainsi qu'un projet de document pour soumission à la Commission du Codex Alimentarius (CAC). Lors de sa 38^{ème} session, le CCFAC est convenu de recommander au CAC que le Comité débute de nouveaux travaux sur un code d'usages (COP) pour la réduction du PAH dans les denrées alimentaires et limite son champ d'application à un conseil général envers les pratiques suivantes:
 - a. Fumage et
 - b. Séchage direct.
8. Beaucoup de contaminants chimiques sont formés durant la combustion du combustible. Les exemples incluent les PAH, les dioxines, l'aldéhyde formique, le nitrogène et les oxydes de soufre. En outre les métaux lourds sont aussi présents dans les gaz de combustion. Les types de quantité dépendent du combustible utilisé, de la température et éventuellement d'autres paramètres (Nielsen and Illerup, 2003). Ces contaminants peuvent provoquer un problème de sécurité alimentaire soit en tant que tel soit à cause de la réaction par ex. des oxydes d'azote avec des composants dans l'aliment conduisant à la formation de nitrosamines.
9. Ce Code d'usages couvre seulement les PAH. Toutefois, l'interaction possible parmi les niveaux de contaminants comme les PAH, les amines hétérocycliques et les nitrosamines n'est pas toujours bien comprise, et on devrait souligner que les conditions qui conduisent à une réduction d'un contaminant peuvent conduire à l'augmentation des niveaux des autres contaminants ou pourraient abaisser la norme microbiologique des produits. Il devrait être souligné que toute directive donnée pour minimiser le PAH ne devrait pas conduire à une augmentation dans les autres contaminants tels que les nitrosamines.
10. Ce Code d'usages a été développé comme un moyen de diffuser les stratégies qui faciliteront la réduction du PAH dans les denrées alimentaires commercialisées internationalement. Le Code d'usages discute de ces techniques de réduction établies qui ont démontrées être effectives selon la littérature et dans un cadre commercial.
11. L'attention portée sur ce Code d'usages est uniquement pour les aliments produits par les processus de fumage et de séchage directs des aliments. Il décrit quelques éléments critiques dans les Bonnes pratiques de fabrication et la façon dont l'évaluation de la contamination potentielle de la nourriture associée au choix des procédés utilisés pourrait réduire la formation de PAH.

12. Ce Code d'usages est destiné à fournir des outils pour optimiser les processus de fumage et de séchage directs des aliments afin de réduire ou d'éliminer le PAH dans les denrées alimentaires finales. Le Code d'usages doit reconnaître les bénéfices du fumage et du séchage y compris la disponibilité des denrées alimentaires traditionnelles fumées, la prévention de la dégradation ou la contamination microbiologique et la pousse par le biais du séchage ainsi que le potentiel existant pour diminuer les risques relatifs à la santé publique provenant de la teneur en HAP dans les denrées alimentaires qui se sont formés durant le processus de transformation.

ANNEXE

AVANT-PROJET DE CODE D'USAGES POUR LA REDUCTION DE LA CONTAMINATION DES ALIMENTS AVEC LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (PAH) ISSUS DES PROCESSUS DE FUMAGE ET DE SECHAGE DIRECTS**INTRODUCTION**

1. Le PAH constitue une large classe de substances organiques contenant deux ou davantage d'anneaux aromatiques fondus constitués d'atomes d'hydrocarbures ou d'hydrogènes. Des centaines de PAH individuels peuvent être formés et libérés suite à une combustion incomplète ou à cause d'une question de pyrolyse ou organique, durant les processus industriels et autres activités humaines, y compris durant le traitement et la préparation des aliments ainsi que la carbonisation de bois pour faire du charbon de bois (OMS, 2006).
2. Les PAH sont des contaminants chimiques qui peuvent être trouvés dans les aliments. Les sources de PAH sont la contamination issue de la transformation des aliments ou issue de l'environnement. Le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (JECFA) a conduit une évaluation des risques exhaustive du PAH en 2005 (OMS 2006) Le JECFA a recommandé de garder la teneur de ces contaminants dans les aliments au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre. Les informations toxicologiques sont incluses dans l'Annexe II.
3. La teneur en PAH des aliments traités thermiquement diffère selon les processus utilisés et selon la façon dont ils ont été conduits. Les données relatives à la présence issue de la monographie (OMS 2006) et du rapport SCOOP de l'Union européenne (Commission européenne, 2004) ainsi que certaines études nationales sont présentes dans l'Annexe III.
4. Des données révisées par le Comité scientifique sur les aliments de L'Union européenne (maintenant l'Autorité européenne de la sécurité alimentaire), les céréales et les légumes, les matières grasses et les huiles étaient les principaux contributeurs aux PAH dans le régime alimentaire, alors que le poisson et la viande grillés/fumés ou cuits au barbecue octroient une contribution peu importante à l'exception des cultures dans lesquelles ils représentent une part importante du régime alimentaire (Commission européenne, 2002).
5. Comme le processus de séchage pourrait constituer une source potentielle de PAH dans les céréales et les graines oléagineuses, il existe aussi un besoin de contrôler les teneurs de PAH dans les cultures de l'agriculture durant la post récolte, avec une référence particulière à la source de contamination, vu que ces cultures peuvent avoir un impact majeur sur l'ingestion de PAH à partir des aliments.
6. La contamination des aliments par le PAH via la contamination environnementale n'est pas comprise dans le code d'usages. Cette contamination devrait être contrôlée soit en tant que mesures prises à la source comme la filtration de la fumée des industries concernées (c'est-à-dire le travail de ciment, les incinérateurs et la métallurgie) et par la limitation des gaz d'échappement des voitures. L'application de bonnes pratiques agricoles (GAPs) lors de la croissance des cultures et lors de la sélection de la terre pourraient également favoriser la diminution de la contamination environnementale des denrées alimentaires par les PAH, ensemble avec la non récolte des coquillages issus d'eau contaminée.

MESURES DE PREVENTIONS ET CONDITIONS GENERALES DANS LA BONNE TRANSFORMATION DES ALIMENTS

7. Le producteur alimentaire devrait effectuer une analyse des risques sur les points critiques dans les procédés utilisés ou prévus à l'utilisation dans la production des denrées alimentaires L'analyse devrait prendre en compte si des procédés alternatifs pourraient être utilisés pour produire le résultat désiré.
8. L'analyse des risques devrait comprendre une évaluation de la formation potentielle de procédés de contaminants comme les PAH durant le procédé et devrait consigner les points suivants :
 - ⇒ Sources possibles de contaminants tels que les PAH
 - ⇒ Formation éventuelle de contaminants durant le procédé
 - ⇒ Effets possibles sur la santé du consommateur
 - ⇒ Contrôlabilité
 - ⇒ La praticabilité ainsi que l'efficacité des contrôles (coûts, disponibilité, risques professionnels)

9. D'autres facteurs peuvent être aussi légitimement examinés, tels que
- ⇒ Propriétés organoleptiques requises du produit final
 - ⇒ Les effets sur les propriétés sensorielles et la qualité du produit (la méthode idéale n'aurait pas d'effets néfastes sur l'apparence, l'odeur, le goût ou les propriétés nutritionnelles de la denrée alimentaire.)
 - ⇒ Perception du consommateur et choix,
10. Des examens devraient être effectués pour examiner quels procédés devraient être utilisés et si un procédé qui provoque une contamination moins élevée est disponible.
11. L'effet de toute option de procédé sur le statut microbiologique de l'aliment devrait également être pris en compte.

CHAMP DU CODE D'USAGES

12. Aussi bien en étant présent dans les matériaux bruts, les PAH peuvent être formés durant la transformation de l'aliment dans à la fois la préparation commerciale et domestique de l'aliment, notamment :
- Le fumage,
 - Le séchage,
 - La cuisson (cuisson au four, la cuisson, la friture et le barbecue/le grillage).
13. Le champ de ce Code d'usages (COP) est limité à la contamination des aliments par les PAH durant les procédés commerciaux de fumage et de séchage directs.
14. Le Code d'usages ne couvre pas les PAH dans les aliments provenant de
- a. L'emploi des herbes et des épices dans le processus de fumaison.
 - b. D'autres procédés de transformation des aliments, y compris la cuisson à domicile ou dans le secteur de la restauration
 - c. La contamination environnementale
 - d. L'eau potable¹

L'EVALUATION DE LA CONFORMITE AVEC LA LEGISLATION EN VIGUEUR

15. La transformation des denrées alimentaires doit être conforme aux législations nationales ou internationales en vigueur ainsi qu'avec les normes y compris les exigences générales pour la protection du consommateur.

CONTAMINATION PAR LES PAH DES ALIMENTS DURANT LES PROCEDES DE FUMAGE ET DE SECHAGE, REMARQUES GENERALES

16. La formation de PAH durant la fumaison et le séchage est dépendante d'un certain nombre de variables, y compris
- Du combustible (bois, diesel, gaz, déchet liquide/solide et autres combustibles)
 - Méthode de cuisson (fumaison ou séchage-direct ou indirect)
 - La distance entre l'aliment et la source de chaleur
 - La position de l'aliment en relation à la source de chaleur
 - La teneur en matière grasse de l'aliment et ce qui arrive
 - Pendant la période de transformation
 - A la température durant la transformation
 - La propreté et maintien de l'équipement.

¹ L'eau potable est de l'eau qui répond aux normes qualitatives de l'eau potable ainsi qu'elles sont décrites dans les directives de l'OMS sur la qualité de l'eau potable.

17. La modification de la cuisson ou des techniques de transformation peut réduire le montant de PAH dans les aliments. La modification peut être effectuée de différentes façons par exemple en utilisant le fumage indirect ou des procédés de fumage par la sélection du combustible pour le séchage ou par les espèces de bois; et en ajustant les durées ainsi que les températures de fabrication. Dans de tels cas, il est important d'examiner les éventuelles modifications organoleptiques dans l'aliment final.

LES PROCÉDES DE FUMAGE ET DE SÉCHAGE, REMARQUES GÉNÉRALES

18. La transformation traditionnelle des aliments comme le fumage et le séchage fournit une sélection plus large de textures et d'arômes alimentaires et par conséquent un choix plus large pour les consommateurs. Beaucoup de types d'aliments fumés ou séchés sont des produits alimentaires traditionnels très estimés pour lesquels ces types de transformation ont été utilisés afin de prolonger la durée d'entreposage ainsi que la qualité et fournir l'arôme ainsi que la consistance requises par le consommateur. L'extension de la durée de conservation aura souvent un effet sur la valeur nutritionnelle des denrées alimentaires comme sur la teneur en vitamines.
19. L'emploi de combustible aura un impact sur les contaminants potentiels de l'aliment, c'est-à-dire que la contamination par les PAH de l'aliment diffère selon que du bois ou de la paille est utilisé (Nielsen and Illerup, 2003).

PROCÉDE DE FUMAGE

20. Le fumage direct est le type de processus de fumage dans lequel la fumée se développe dans la même pièce que celle où la nourriture est transformée ; le fumage indirect utilise des générateurs de fumée et la fumée se développe dans une pièce séparée et peut être nettoyée de différentes façons avant d'être conduite dans l'étuve de fumage. Le fumage direct requiert moins d'équipement que le fumage indirect mais peut résulter en des niveaux plus élevés de PAH dans les aliments.
21. Le fumage traditionnel de denrées alimentaires telles que la viande et le poisson ainsi que certaines sortes de fromage a été utilisé depuis des siècles dans de nombreux pays. A l'origine, l'objectif était de préserver les aliments, partiellement par la réduction de l'humidité et partiellement par le transfert de constituants anti-microbiologiques tels que les phénols issus de la fumée des aliments.
22. Le fumage est actuellement utilisé de façon primaire pour obtenir le goût caractéristique et l'apparence des aliments fumés alors que la fonction de préservation ne joue qu'un rôle mineur. Néanmoins, le fumage peut quand même exercer une influence sur la durée de conservation des aliments parce que les constituants de la fumée peuvent entraver la croissance de certains microorganismes.
23. Dans le fumage traditionnel, le combustible principal utilisé est des espèces de bois variées, dans certains cas avec des herbes et des épices, c'est-à-dire des baies de genièvre pour donner un arôme caractéristique. De telles herbes et épices peuvent constituer une source potentielle pour la contamination par les PAH mais leur emploi n'est pas examiné dans ce Code d'usages
24. Le bois se compose de trois constituants principaux : la cellulose, l'hémicellulose et la lignine (Andersen et Rissum, 1994)
25. La fumée est produite par la pyrolyse du combustible à des températures d'environ 300-450°C dans la zone d'incandescence. La composition de la fumée dépend, en d'autres choses, de la sorte et de l'âge du bois utilisé, de sa teneur en eau, de la quantité d'oxygène présente et de la durée pendant laquelle il brûle.
26. La fumée consiste en des particules liquides et solides suspendues dans une phase gazeuse. On estime que les particules dans la fumée, généralement d'une taille de 0.2-0.4 µm constituent 90% de son poids total. La composition chimique de la fumée est complexe et plus de 300 constituants ont été identifiés (Möhler, K, 1978; Solttes et Elder, 1981; Simko, P, 2005)
27. Les principaux groupes de produits chimiques dans la fumée sont des composés phénoliques et carboniques, des acides, et des oxydes d'azote ainsi que les produits réactionnels. Il a été constaté que certains exemples des composés contribuant à l'arôme de la fumée étaient : le phénol, les phénol aldéhydes, le pentenone, le gyaicol vinylique et les alcyphénols de la sorte gyaicol (Solttes, E.J et Elder, T.J., 1981)

28. Les procédés de fumage traditionnels sont souvent divisés en trois groupes selon les températures utilisées dans l'étuve de fumage durant les procédés :
- Fumage à *froid* avec une température de 18-25 °C. Utilisé par ex. pour le saumon fumé et les sauces de type salami
 - Fumage *Mi- chaud* avec des températures autour de 40°C..Utilisé par ex. pour le bacon et le carré de porc
 - Le fumage à *chaud* est le fumage associé à la chaleur se traduisant par une température de 70-90°C. Utilisé par ex. pour les harengs, l'anguille et les saucisses de type francfort.
29. Les propriétés organoleptiques des produits finaux différeront et les changements de méthodes ne résulteront pas nécessairement en les produits requis.
30. Les différences dans les procédés de fumage peuvent conduire à des teneurs en PAH hautement variables dans le produit final (Commission européenne, 2002). Les facteurs qui influencent cette variabilité comprennent
- Le type et la composition de bois et d'herbes utilisés dans les aliments fumés,
 - L'emploi d'autres combustibles
 - Si le fumage est direct ou indirect,
 - Emploi d'une procédure de lavage/refroidissement à eau après le processus de fumage,
 - Le type de générateur utilisé,
 - L'accessibilité de l'oxygène
 - La température, et
 - La durée de fumage.

Les informations générales scientifiques ainsi que les données pour illustrer l'influence exacte de l'emploi de différents types de combustibles, de la durée, de la température etc. sont limitées et un testage particulier est nécessaire dans l'analyse des risques des procédés individuels.

31. Les différentes variables dans les procédés utilisés devraient être évaluées en relation avec une analyse critique des risques des paramètres pour la formation potentielle de PAH dans un procédé particulier utilisé.

CODE D'USAGES POUR LA PRODUCTION D'ALIMENTS FUMES

32. Le choix de la technologie pour la transformation est très important pour la concentration finale de PAH.
- Combustible*
33. Il est recommandé d'utiliser le bois de feuillu en tant que combustible pour le fumage des aliments. Le bois de feuillu peut être utilisé sous la forme de copeaux ou de sciure.
34. Maga et al (1986) ont indiqué que l'emploi des espèces de bois de conifères, le bois de prosopis résulterait dans des limites augmentées de benzo[a]pyrène en comparaison avec l'emploi de bois de feuillus et le charbon. Maga, 1988 a proposé d'utiliser du bois de feuillus au lieu du bois de conifères pour réduire la teneur en PAH. Toutefois, des investigations limitées sont conduites et elles ne sont pas en accord total (Guillén et al., 2000).
35. La conclusion est que les espèces de bois ont une influence en général. Toutefois, il n'a pas été possible de trouver des références afin de recommander l'emploi d'espèces de bois plus spécifiques et la recommandation est que, les espèces individuelles de bois doivent être étudiées en relation avec la formation en PAH avant l'emploi.
36. Le bois traité ne devrait pas être utilisé, vu que les traitements avec des produits chimiques pour la préservation, l'imperméabilisation, l'ignifugation etc. peuvent résulter dans la souillure de l'aliment aussi bien que dans l'introduction d'autres contaminants c'est-à-dire la dioxine issue des bois traités avec le pentachlorophenol (PCP) (Hansen and Hansen, 2003).
37. Pour certains aliments, l'effet du choix du combustible sur le goût peut constituer le facteur critique dans le choix du combustible. En aucun cas, les combustibles tels que par. ex., le diesel, les vieux pneus ou l'huile usée ne devraient être en général utilisés même en tant que constituants partiels, vu que ceux-ci peuvent conduire à une augmentation des teneurs en PAH et ils doivent être évalués et analysés de façon spécifique si leur emploi est envisagé.

Le Procédé: direct versus indirect

38. Remplacer la fumaison directe par la fumaison indirecte peut réduire de manière significative la contamination des aliments fumés. Dans les fours modernes et industriels, un générateur de fumée externe peut être géré de manière automatique dans des conditions contrôlées pour nettoyer la fumée et réguler son flux qui sera en contact avec les aliments. Pour des préparations traditionnelles ou pour des structures plus petites cette méthode risque cependant de ne pas être une option valable.
39. Si possible, le lavage ou le refroidissement par l'eau de la fumée devrait être utilisé afin de réduire la concentration de PAH dans le produit final. Le refroidissement par l'eau est déjà employé dans l'industrie de la viande, et ce type de lavage du produit après sa production peut enlever des particules contenant du PAH de la surface du produit (Fabech, B and Larsen, J.C., 1986).
40. Le type de générateur utilisé devrait être basé sur une évaluation de la réduction possible de la teneur en PAH dans l'aliment final et là où possible comprendre le lavage de la fumée après l'emploi du générateur et avant l'étuve de fumage.
41. Etant donné que les PAH sont combinés de façon particulière, un filtre peut être utilisé pour retirer des substances particulières de la fumée. Ceci devrait potentiellement réduire la contamination par les PAH.
42. Le taux d'oxygène doit être adéquat pour assurer la totale combustion du combustible. Un manque d'oxygène peut favoriser la formation de plus de PAH dans la fumée, tout comme la production de monoxyde de carbone, ce qui comporterait un risque pour les opérateurs.

Température

43. La température est importante pour assurer la totale combustion du combustible. La composition de la fumée dépend de la température, et la température devrait être ajustée afin de minimiser la formation du PAH. Néanmoins, nous avons besoin de plus amples données pour établir les températures qui seraient recommandables.

Temps

44. En principe, le temps de fumaison devrait être le plus bref possible afin de minimiser l'exposition de la surface des aliments aux fumées contenant du PAH. Néanmoins, en cas de fumaison à chaud, si le produit est cuit en même temps, il est essentiel de le laisser assez longtemps pour être cuit convenablement. La sujétion au temps de fumage ainsi que le grillage au charbon sont illustrés par les données obtenues (par Chen et Lin, 1997).

Microbiologie

45. La qualité micro biologique de l'aliment final doit être évaluée afin d'assurer la non-prolifération de pathogènes lors de la fabrication et dans la denrée alimentaire finale.

Résumé du Code d'usages et de points critiques:

La teneur de la fumée en PAH peut être réduite par

- a. L'emploi de bois de feuillus plutôt que l'emploi de bois de conifères pour générer de la fumée
- b. L'absence d'emploi de combustibles comme le diesel, les produits de déchets, en particulier les pneus et les déchets d'huile qui peuvent déjà contenir des teneurs importantes de PAH
- c. L'emploi du fumage indirect lorsque cela est possible au lieu du fumage direct
- d. La sélection de générateurs de fumée devrait inclure l'évaluation de la teneur en PAH provenant de la fumée.
- e. La filtration ou le refroidissement de la fumée lorsque cela est possible
- f. Le lavage ou l'hydro réfrigération après le fumage lorsque cela est possible
- g. La réduction de la durée pendant laquelle l'aliment est en contact avec la fumée

Les arômes de fumée en tant qu'alternative au procédé de fumage.

46. En tant qu'alternative au procédé de fumage, des arômes de fumée peuvent être ajoutés à l'aliment. Il existe différents types d'arômes de fumée y compris l'extrait de fumée et les mélanges de produits chimiques. En principe, les deux types d'arômes, en particulier les extraits de fumée, peuvent contenir du PAH. Toutefois les teneurs sont étroitement révisées à travers la législation de l'Union européenne.
47. L'emploi d'arômes de fumée est généralement considéré comme étant un objet d'inquiétude pour la santé moindre que le procédé traditionnel de fumage. Dans la production d'arômes de fumée, le PAH peut être enlevé, et des limites maximales pour par. ex. le benz[a]pyrène peuvent être établies et mesurées.
48. L'emploi d'arômes de fumée ne produit pas nécessairement l'effet préservateur /antimicrobien du fumage actuel. La sécurité microbienne de l'aliment doit par conséquent être prise en compte dans toute modification provenant du fumage actuel pour l'emploi d'arômes, de fumée.

SECHAGGE DIRECT

49. Le séchage des aliments peut être effectué soit par le procédé de séchage indirect soit par le procédé de séchage direct. Dans le procédé de séchage direct les gaz de combustion sont en contact directs avec les aliments, tandis que cela n'est pas le cas dans le séchage indirect, où par. ex. la chaleur est dans un système fermé et n'entre pas en contact direct avec les aliments.
50. Eu égard aux procédés de fumage direct et indirect, le fumage direct requiert moins d'équipement que le fumage indirect mais pourrait résulter en des niveaux plus élevés de PAH dans la denrée alimentaire finale, séchée.
51. Le remplacement du fumage direct par le fumage indirect peut réduire de façon significative la contamination des aliments séchés. Etant donné que le séchage indirect n'est pas considéré comme une source importante de PAH, il n'est pas couvert par le Code d'usages et il ne sera pas examiné dans ce document.

Combustible à utiliser.

52. Le type de combustible utilisé pour le séchage direct des aliments a une influence sur la formation de PAH (Nielsen et Illerup, 2003). Etant donné que le combustible utilisé dans les procédés de séchage peut affecter l'arôme du produit final, il est pertinent d'examiner également ce point.

Procédés: direct versus indirect

53. Le séchage direct est utilisé pour sécher des grains, des semences, des huiles, du lait en poudre, etc. Les opérations et applications générales et directes de séchage/chauffage qui incluent le séchage pour enlever l'eau (et/ou autres solvants/produits chimiques) ajoutés, retirés ou produits durant le processus de transformation. Durant le séchage direct, l'air chaud est soufflé directement dans les denrées alimentaires et les produits de combustion peuvent directement être dirigés dans l'aliment. Un exemple de la contamination par les PAH est le séchage direct des huiles végétales (y compris les huiles de résidu d'olive) dans lequel l'huile a été contaminée avec des PAH durant l'utilisation des procédés technologiques. (Antonopoulos, K et al., 2006; Menichini, S. et al., 1991).
54. Les gaz déshydratants chauds peuvent être produits en utilisant différents types de combustibles dans différents types de contaminants dans l'air.

L'énergie thermique d'un système doit :

- Chauffer l'alimentation du séchoir à la température de vaporisation des composants "légers"
- Vaporiser et/ou libérer le liquide/sous-produits au-dessus de la surface des combustibles solides
- Chauffer les matières sèches à la température finale désirée, pour la durée de temps désirée, et
- Chauffer la vapeur à la température finale désirée.

De nombreux facteurs, y compris les frais d'équipement et la disponibilité des sources d'énergie résultent souvent dans des aliments similaires séchés de beaucoup de façons différentes.

55. Pour la plupart des produits qui ne sont pas à base de viande les teneurs en benzo[a]pyrène étaient basses (Kazerouni et al., 2000). A partir du projet SCOOP une moyenne des limites de benzo[a]pyrène de 0.2 µg/kg a été rapportée pour à la fois le pain et les petits pains (n = 103) et les céréales (n = 63) (Commission européenne, 2004). Pour le popcorn, des taux de benzo[a]pyrène de 0.5 µg/kg ont été trouvés. On a trouvé que la dose d'ingestion pour les humains de pain/céréales/graines couvrirait approximativement 30 % de l'ingestion totale de benzo[a]pyrène (Larsson, 1986; Kazerouni et al., 2001, Commission européenne, 2002; Duedahl-Olesen et al., 2006), bien que chaque denrée alimentaire dans ce groupe a des teneurs basses en benzo[a]pyrène, voir également Annexe III.
56. Pour les fruits secs 71 % des 158 échantillons ont des teneurs en benzo[a]pyrène en-dessous de 2 µg/kg. Toutefois 10 % du nombre total d'échantillons avaient des taux de benzo[a]pyrène au-dessus de 100 µg/kg (Commission européenne, 2004). Aucun commentaire ou explication sur l'augmentation des limites était joint.
57. Van der Wielen et collègues (2006) ont rapporté des taux de benzo[a]pyrène allant jusqu'à 85 µg/kg dans les huiles d'olive (n=170), tandis que d'autres huiles végétales (n=170) pour la consommation humaine ont montré uniquement des taux de benzo[a]pyrène allant jusqu'à 9 µg/kg. Les taux de Benzo[a]pyrène classés des limites non détectées à 64 µg kg⁻¹ ont été rapportées antérieurement pour les huiles végétales (Dennis et al., 1991, Moret et al., 2000; Commission européenne, 2004), voir aussi Annexe III.

CODE D'USAGES POUR LA PRODUCTION EN UTILISANT LE SECHAGE DIRECT

58. Le séchage direct peut être effectué soit en utilisant le séchage au soleil soit en utilisant la chaleur de la combustion des gaz provenant du brûlage des gaz, de l'huile, du bois, des déchets liquides/solides, etc.
59. Le séchage au soleil avec des cultures exposées directement au soleil/à l'air ne devrait pas être effectué près de sources industrielles de combustion de gaz de dégagement, telles que les incinérateurs, les centrales alimentées au charbon, les cimenteries, etc. Toutefois, les séchoirs couverts peuvent protéger dans une certaine mesure les cultures des sources industrielles. Il faut éviter le séchage des produits (les cabosses par exemple) directement sur l'asphalte ou le bitume qui constitue une source de PAH
60. Le type et la composition du combustible utilisé dans le processus de séchage a une influence sur la formation de PAH, mais il n'existe pas suffisamment de données pour recommander des combustibles particuliers et en outre, certains types de combustibles pourraient résulter en des contaminants spécifiques en contact avec certains types d'aliments.
61. Il est recommandé d'effectuer une évaluation des risques du combustible que l'on a l'intention d'utiliser, du procédé actuel ainsi que des denrées alimentaires à sécher. Cette évaluation devrait prendre en compte le bénéfice qu'il existe à utiliser la filtration des gaz.
62. L'emploi d'autres types de combustibles peut conduire à augmenter la teneur en PAH, et ils doivent être évalués et analysés spécifiquement si l'on envisage de les utiliser.
63. La température devrait être optimale pour le séchage sans que l'opportunité existe pour la formation de PAH. Une bonne homogénéité de la température de l'air est importante pour éviter la surchauffe.
64. La durée du séchage devrait être aussi courte que possible afin d'amoindrir l'exposition de l'aliment aux gaz potentiellement contaminés autant que cela est possible.
65. L'emploi de charbon actif est exigé pour les graines oléagineuses et l'huile de grignon d'olive et est considéré comme la seule manière de réduire la teneur en PAH lorsqu'un procédé de séchage direct est utilisé. Un système de contrôle pour la teneur en PAH devrait être établi et des activités supplémentaires de raffinage (avec le charbon actif) doivent être utilisées lorsque la teneur en PAH dans l'aliment est inacceptable.

Résumé du Code d'usages et des points critiques:

La teneur en PAH des aliments séchés peut être minimisée par

- a. Une évaluation des risques du combustible utilisé en contact avec les aliments à sécher
- b. L'absence d'utilisation de diesel, de déchets en particulier des déchets d'huile ou des vieux pneus qui peuvent déjà contenir des teneurs significatives de PAH
- c. L'absence de séchage près de sources industrielles de combustion de gaz d'échappement, telles que les incinérateurs, les centrales alimentées au charbon, les cimenteries, etc.
- d. La réduction de la durée pendant laquelle l'aliment est en contact avec les gaz de combustion
- e. La conservation d'un équipement propre et bien entretenu (en particulier les séchoirs).

REFERENCES

- Andersen, P.E, 1978, *Introduktion til Levnedsmiddelteknologi*, bind 1, Polyteknisk Forlag.
- Andersen, P.E. and Rissum, J, 1994: *Introduktion til Vores levnedsmidler*, bind 5, Konservering, Polyteknisk Forlag.
- Antonopoulos, K., Valet, N., Spiratos, D. and Siragakis, G., 2006. Olive oil and pomace olive oil processing. *Grasas y aceites*. 57(1): 56-67.
- Chen, B.H. and 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. and 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.
- Council of Europe Health aspects of using smoke flavourings as food ingredients, 1992 (prepared by Fabech, B. & Gry, J., Danish Veterinary and Food Administration).
- Dennis, M., J., Massey, R.C., Cripps, G., Venn, I., Howarth, N., and 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., and Binderup, M-L. 2006. Polycyclic Aromatic hydrocarbons (PAH) in Danish smoked Fish and Meat products. *Polycyclic Aromatic compounds* 26: 163-184.
- European Commission, 2004. Report on experts participating in Task 3.2.12. Collection of occurrence data on polycyclic aromatic hydrocarbons in food.
- European Commission, 2002. Opinion on the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. SCF/ cs.
- Fabech, B. and Larsen, J.C, 1986: *Røgning af levnedsmidler, kortlægning af anvendte metoder I Danmark* (Smoked foods, - mapping methods used in Denmark).
- Fromberg, A., Højgård, A., and 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., and 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., Sopolana, P., and 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. and Hansen, C.L, 2003: *substance flow Analysis for dioxin, 2002*, COWI for Danish Environmental Protection Agency, Environmental Project No. 811.
- Hopia, A., Pyysalo, H., and 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 and 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., and 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. and 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., and 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., and 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., and Monfredini, F., 1991. Polycyclic aromatic hydrocarbons in olive oils on the Italian market. *Food Additives and Contaminants*. 8: 363-369.
- Moret, S., Dudine, A., and 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., and 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. and 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. and 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. and 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., and 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., and Testolin, G., 1995. Polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in the Italian diet. *Food Additives and Contaminants* 12: 703-713.
- Mottier, P., Parisod, V., and 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 Rhein Hessischen, Druckwerkstätte Alzey.
- Nielsen, M and 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. and Elder, T.J, 1981 *Pyrolysis, Org. chem. Biomass*, p. 63-66, CRC, Boca Raton, Fla..
- Stolyhwo, A. and Sikorski, Z.E., 2005: Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish – a critical review. *Food Chemistry* 91: 303-311.
- Yurchenko, S. and 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.
- WHO, 2006: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. 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.

ANNEXE I

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques inclus dans le sommaire du JECFA sur l'évaluation des risques.

Nom usuel	Nom CAS	N° registrationCAS	Abréviation
Acenaphthène	Acenaphthylène	83-32-9	AC
Acenaphthylène	Acenaphthylène, 1,2-dihydro-	208-96-8	ACL
Anthanthrène	Dibenzo[def,mno]chrysène	191-26-4	ATR
Anthracène	Anthracène	120-12-7	AN
Benz[a]anthracène	Benz[a]anthracène	56-55-3	BaA
Benzo[a]fluorène	11 H-Benzo[a]fluorène	238-84-6	BaFL
Benzo[b]fluorène	11 H-Benzo[b]fluorène	243-17-4	BbFL
Benzo[b]fluoranthène	Benz[e]acephenanthrylène	205-99-2	BbFA
Benzo[ghi]fluoranthène	Benzo[ghi]fluoranthène	203-12-3	BghiF
Benzo[j]fluoranthène	Benzo[j]fluoranthène	205-82-3	BjFA
Benzo[k]fluoranthène	Benzo[k]fluoranthène	207-08-9	BkFA
Benzo[ghi]perylène	Benzo[ghi]perylène	191-24-2	BghiP
Benzo[c]phenanthrène	Benzo[c]phenanthrène	195-19-7	BcPH
Benzo[a]pyrène	Benzo[a]pyrène	50-32-8	BaP
Benzo[e]pyrène	Benzo[e]pyrène	192-91-2	BeP
Chrysène	Chrysène	218-01-9	CHR
Coronène	Coronène	191-07-1	COR
Cyclopenta[cd]pyrène	Cyclopenta[cd]pyrène	27208-37-3	CPP
Dibenz[a,h]anthracène	Dibenz[a,h]anthracène	53-70-3	DBahA
Dibenzo[a,e]pyrène	Naphtho[1,2,3,4-def]chrysène	192-65-4	DBaeP
Dibenzo[a,h]pyrène	Dibenzo[b,def]chrysène	189-64-0	DBahP
Dibenzo[a,i]pyrène	Benzo[rst]pentaphène	189-55-9	DBaiP
Dibenzo[a,l]pyrène	Dibenzo[def,p]chrysène	191-30-0	DBalP
Fluoranthène	Fluoranthène	206-44-0	FA
Fluorène	9H-Fluorène	86-73-7	FL
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	Indeno[1,2,3-cd]-pyrène	193-39-5	IP
5-Methylchrysène	Chrysène, 5-methyl-	3697-24-3	5-MCH
1-Methylphenanthrène	Phenanthrène, 1-methyl-	932-69-9	1-MPH
Naphthalène	Naphthalène	91-20-3	NA
Perylène	Perylène	198-55-0	PE
Phenanthrène	Phenanthrène	85-01-8	PHE
Pyrène	Pyrène	129-00-0	PY
Triphenylène	Triphenylène	217-59-4	TRI

CONSIDERATIONS TOXICOLOGIQUES, Résumé.

Le JECFA a réexaminé les PAH en février 2005 (OMS 2006).

- a) Le Comité a conclu que l'effet critique du PAH est la cancérogénicité. Vu qu'un certain nombre de PAH sont aussi génotoxiques, il n'est pas possible d'assumer un mécanisme de seuil et un PTWI ne pouvait pas être établi. La plupart des données épidémiologiques se réfèrent à l'exposition professionnelle et environnementale. Les faits disponibles concernant l'exposition orale au PAH étaient indirects et n'incluaient pas les données sur l'exposition quantitative, et donc n'étaient pas appropriés pour l'emploi de l'évaluation des risques pour les PAH.
- b) Le JECFA a utilisé le benzo[*a*]pyrène en tant que marqueur des PAH cancérogènes et a évalué les résultats d'études récentes sur la cancérogénicité dans les souris et les rats sur le benzo[*a*]pyrène et a utilisé une approche basée sur une marge d'exposition pour l'évaluation des risques des PAH.
- c) L'évaluation actuelle du JEFCA se focalise sur 13 PAH que le Comité a identifié comme étant génotoxiques et cancérogènes: benz [*a*] anthracène, benzo [*b*]fluoranthène, benzo [*j*]fluoranthène, benzo [*k*]fluoranthène, benzo [*a*]pyrène, chrysène, dibenzo[*a,h*]anthracène, dibenzo[*a, e*]pyrène, dibenzo[*a,h*]pyrène, dibenzo[*a,i*]pyrène, dibenzo[*a,l*]pyrène, indeno[1,2,3-*cd*]pyrène and 5-methylchrysène.
- d) Le JEFCA a comparé les doses ingérées moyennes et hautes de PAH avec la dose repère calculée plus basse de limite de confiance pour les PAH et a calculé les marges d'exposition (MOEs) de respectivement 25 000 et 10 000. Les marges d'exposition sont basées sur les données d'ingestion disponibles et peuvent être un instrument utile pour hiérarchiser les risques. En se basant sur les mesures d'exposition, le JEFCA a conclu que les doses estimées de PAH étaient peu préoccupantes pour la santé publique.
- e) Le JEFCA a noté que les mesures envisagées pour réduire l'ingestion de PAH pourraient inclure d'éviter le contact des aliments avec les flammes ainsi qu'une cuisson qui placerait la source de chaleur au-dessus plutôt qu'au-dessous des aliments. Des efforts devraient être faits pour réduire la contamination avec les PAH durant les processus de fumage et de séchage, par exemple en remplaçant le fumage direct (avec de la fumée développée dans l'étuve de fumage, traditionnellement dans les fumoirs) par du fumage indirect. Le lavage et le pelage des fruits et des légumes avant la consommation permettraient d'aider à enlever les contaminants de la surface.
- f) Le JECFA a recommandé que la surveillance future devrait inclure mais ne devrait pas être limitée à l'analyse des 13 PAH identifiés comme étant génotoxiques et cancérogènes, à savoir: benzo[*a*]anthracène, benzo[*b*]fluoranthène, benzo[*j*]fluoranthène, benzo[*k*]fluoranthène, benzo[*a*]pyrène, chrysène, dibenz[*a,h*]anthracène, dibenzo[*a,e*]pyrène, dibenzo[*a,h*]pyrène, dibenzo[*a,i*]pyrène, dibenzo[*a,l*]pyrène, indeno[1,2,3-*cd*]pyrène et 5-methylchrysène. En outre, l'analyse de benzo[*c*]fluorène dans les aliments permettrait d'aider à effectuer des évaluations futures.
- g) Dans l'Union européenne, trente-trois PAH ont été évalués par le Comité scientifique sur les aliments (Commission européenne 2002). Parmi ceux-ci, 15 à savoir benzo[*a*]anthracène, benzo[*b*]-, benzo[*j*]- and benzo[*k*]fluoranthène, benzo[*ghi*]perylène, benzo[*a*]pyrène, chrysène, cyclopenta[*cd*]pyrène, dibenzo[*a,h*]anthracène, dibenzo[*a,e*]-, dibenzo[*a,h*]-, dibenzo[*a,i*]-, dibenzo[*a,l*]pyrène, indeno[1,2,3-*cd*]pyrène et 5-methylchrysène, ont montré des traces claires de propriétés mutagènes/de génotoxicité dans les cellules somatiques dans les animaux de laboratoire *in vivo*.
- h) Pour la plupart des PAH, le potentiel cancérogène constitue l'effet critique pour la caractérisation des dangers et des risques. En général, l'évidence de génotoxicité montre un chevauchement considérable avec la cancérogénicité en accord avec le lien mécaniste entre la formation d'adduits de DNA, les mutations, et le résultat clinique du cancer qui suit l'exposition aux PAH.

- i) A l'exception du benzo[ghi]perylène, les 15 PAH génotoxiques (évalués par le Comité scientifique sur les aliments de l'Union européenne) ont également montré des effets cancérigènes dans des types variés d'essais biologiques sur des animaux de laboratoire. Bien que seul le benzo[a]pyrène ait été testé de façon adéquate en utilisant une administration alimentaire, ces composés peuvent être considérés comme potentiellement génotoxiques et cancérigènes pour les humains. Ils représentent un groupe prioritaire dans l'évaluation du risque des effets néfastes sur la santé à long terme en suivant l'ingestion alimentaire de PAH.
- j) Dans le rapport succinct du JECFA (Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires, février 2005), le comité note qu'il n'a reçu aucune donnée sur le sujet dans la structure GEMS/Aliments. Toutefois, en se basant sur des données du groupe de travail SCOOP de l'Union européenne et sur les rapports IPCS, on a noté que les principaux aliments qui contenaient des concentrations plus élevées de PAH étaient les produits à base de viande et de poisson, en particulier les produits cuits au barbecue et au gril, les huiles et les matières grasses, les céréales et les aliments secs.
- k) Certains exemples sont donnés de la teneur en PAH dans les aliments après la transformation des aliments tels qu'après leur séchage et leur fumage ainsi qu'après la cuisson des aliments à des températures élevées (gril, rôtissage et friture).
- Dans les aliments non cuits, les valeurs résiduelles moyennes se situent généralement dans le domaine de valeurs de 0.01 -0.1 µg/kg.
 - Dans la viande cuite au barbecue, des teneurs de PAH individuel benzo[a] pyrène ont été trouvés à un taux de 157µg/kg.
 - Dans les aliments traditionnellement fumés, la moyenne de benzo[a]pyrène était de 1,2.2µg/kg avec une somme de composés cancérigènes de 9µg/kg. Pour les séchoirs modernes les valeurs étaient de 0,1.1µg/kg et 4,5.5µg/kg respectivement.
 - Un niveau de 10.7 µg/kg de benzo[a]pyrène a été rapporté dans l'huile de maïs.

Toutefois, les études nationales ont indiqué des taux bien plus élevés, comme par exemple en Finlande où dans une étude datant de 2003 les concentrations de benzo [a] pyrène variaient de zéro à 34 µg /kg et ceci du total des composés PAH (19 composés) de 42 à 9000 µg /kg. L'étude montre que les concentrations totales de PAH peuvent être très élevées par exemple dans les produits de viande fumée.

ANNEXE III

TENEUR EN PAH DANS CERTAINS ALIMENTS FUMES ET SECHES.

- a. Pour servir d'exemple sur l'effet que les différences utilisées dans le procédé de fumage peuvent avoir sur les niveaux de PAH, le contenu de 12 PAH dans les produits dérivés du poisson fumé provenant de séchoirs à fumée qui utilisent la génération de fumée externe et qui adoptent des procédures établies pour enlever les composés avec des points d'ébullitions élevés tels que les PAH et les particules qui contiennent partiellement des PAH, ont été comparées à des produits provenant de séchoirs à fumée traditionnels dans lesquels la fumée générée est en contact direct avec le produit.
- b. La concentration moyenne de [a] pyrène déterminée était de 1.2 µg/kg pour les séchoirs à fumée traditionnels et de 0.1 µg/kg pour les séchoirs à fumée modernes (Karl and Leinemann, 1996). Il a été confirmé par des résultats sur l'anguille (n=7) et le saumon (n=3), que les teneurs en benzo[a]pyrène sont plus élevées pour le poisson fumé traditionnellement en comparaison au poissons fumés à l'extérieur, avec même des taux plus bas de benzo[a]pyrène pour le saumon fumé froid (Karl Leinemann, 1996).
- c. En 2005, Yurchenko et Mölder ont confirmé la tendance, le maquereau fumé à froid (n=6) et le hareng (n=4) n'avaient pas de taux détectables de benzo[a]pyrène (< 0.2 µg/kg) en comparaison avec les variétés (n=4) fumées à chaud avec des concentrations de benzo[a]pyrène de 0.7 µg/kg. L'analyse du hareng (n=7) et du maquereau (n=9) préparés soit par fumaison directe soit indirecte n'a pas toutefois démontré de manière statistiquement significative de moyennes différentes au niveau des taux de concentrations de benzo[a]pyrène (Duedahl-Olesen et al., 2006). Des taux augmentés ont par contre été trouvés à la fois dans un maquereau (0.7 µg/kg) et un hareng (3.9 µg/kg) qui étaient fumés par un procédé de fumaison directe qui utilisait l'aulne pour constituer la fumée. Des résultats récents des études sur les différentes méthodes de la préparation des poissons sont énumérés dans le tableau 1.
- d. Par ailleurs, la collecte des données de la Tâche de coopération scientifique sur les aliments de l'Union européenne (Commission européenne, 2004) a révélé une concentration moyenne de benzo[a]pyrène pour le poisson frais de 0.2 µg/kg (n=454) qui inclut 11 échantillons provenant de zones contaminées à partir d'une surveillance particulière. Pour le poisson fumé des concentrations en moyenne de benzo[a]pyrène pour le poisson fumé avec des méthodes des fumaisons indéterminées (n=127) et pour le poisson fumé à partir de méthodes traditionnelles (n=213) ont été indiqués à des taux de respectivement 1.4 µg/kg et 5.3 µg/kg, (Commission européenne, 2004). Par comparaison l'addition de la fumée liquide en tant qu'arôme (n=12) a donné en moyenne des concentrations de benzo[a]pyrène de 0.03 µg/kg.
- e. Pour les poissons qui ont leurs parties comestibles exposés à la fumée des taux élevés de benzo[a]pyrène ont été trouvés. Ceci est illustré par les filets de maquereaux aux taux de concentrations de benzo[a]pyrène de 0.4 et de 0.9 µg/kg comparés au <0.08 µg/kg pour le maquereau en entier (Duedahl-Olesen et al., 2006). En 1996, Karl and Leinemann a rapporté que la fumaison externe de filets de maquereaux a résulté en des taux de benzo[a]pyrène de 0.15 µg/kg (n=11), tandis que la fumaison traditionnelle des filets de maquereaux donnait des taux de 0.6 µg/kg (n=7).
- f. Les taux de Benzo[a]pyrène dans des produits de viande fumée produits de nos jours ne semblent pas poser de problèmes. Le taux de benzo[a]pyrène est bien en dessous de 5 ppb. Duedahl-Olesen et son équipe ont rapporté des taux de benzo[a]pyrène dans des produits danois tels que le bacon, des petites saucisses et du salami bien en-dessous du maximum de 0.6 µg/kg rapporté par l'OMS en 1998 pour la viande, le poisson et la volaille. Jira (2004) a trouvé des taux de benzo[a]pyrène de 0.12 µg/kg qui varient de 0.05 à 0.35 µg/kg pour le jambon fumé et la saucisse (n=18).
- g. Larsson a déjà conclu en 1983 que la constitution de benzo[a]pyrène dans la viande est largement influencée par la méthode de préparation et le temps de cuisson. Kazerouni et al (2001) ont rapporté des taux de benzo[a]pyrène pour d'autres produits commercialement fabriqués comme le bacon, le salami, le jambon fumé et les saucisses préparées (selon les directives d'emballage de moins de 0.1 µg/kg.)
- h. Dans les tableaux ci-dessous, on emploie aussi bien des termes pour le séchage que pour la fumaison comme par exemple le séchage ou la fumaison directe ou indirecte. Pour la fumaison directe ou traditionnelle on place une source de fumée dans la même pièce que le produit final, tandis que pour un séchage ou une fumaison indirecte un générateur de fumée est placé à l'extérieur.

Tableau 1. Poisson

Les taux de benzo[a]pyrène dans le poisson fumé dans différentes conditions de transformation ($\mu\text{g}/\text{kg}$) non détectées (n.d.)

Denrée alimentaire	Indirect	Direct	Autre	Référence
Poisson frais			0.2 (\pm 0.7)	Commission européenne, 2004
Poisson fume	1.4 (\pm 7.2) (méthode inconnue)	5.3 (\pm 21.7) (traditionnel)	0.03 (\pm 0.02) (arôme de fumée liquide)	Commission européenne, 2004
Maquereau	<0.08 (n = 5)	0.18 (n = 4)	Un échantillon, direct 0.72	Duedahl-Olesen et al., 2006
Hareng	<0.10 (n = 3)	0.15 (n = 4)	Un échantillon, direct 3.9	Duedahl-Olesen et al., 2006
Filets de maquereau		0.44 – 0.93		Duedahl-Olesen et al., 2006
Filets de maquereau	0.15	0.6		Karl et Leinemann, 1996
Anguille	0.02 (n.d. – 0,1)	1.1 (0.3 – 3.9)		Karl et Leinemann, 1996
Saumon	0.06	1.0	0.04 (fumé à froid)	Karl et Leinemann, 1996
Hareng/maquereau		0.7 (fumé à chaud)	n.d. (fumé à froid, LOD = 0.24) n.d. (Hareng frais)	Yurchenko et Mölder, 2005
Saumon		0.8 (fumé à chaud)	0.4 (fumé à froid)	Yurchenko et Mölder, 2005

Tableau 2. Viande

Les taux de benzo[a]pyrene ($\mu\text{g}/\text{kg}$) dans les produits à base de viande fumée ou grillée dans différentes conditions

Denrée alimentaire				Références
produits de viande fumée	1.7 ± 6.7 (n= 145, méthode inconnue)	3.3 ± 11.7 (n = 1023, fumage traditionnel)	0.02 ± 0.03 (n=198, arôme liquide)	Commission européenne, 2004
Francfort	0.3 (feu au charbon) 0.2 (four électrique) 0.1 (frit à la poêle)	54.2 (feu de bois) 7.7 (Braises de feu de bois) 17.6 (feu de pommes de pin)		Larsson et al., 1983
Hamburger	0.01 (grillé au four)	0.01 (frit à la poêle)	Grillé/au barbecue 0.09 (medium), 0.6 (bien), 1.5 (très bien)	Kazerouni et al., 2001
Hamburger, restaurant grillé/au barbecue	0.73 (medium)	1.2 (à point)	1.4 (très cuit)	Kazerouni et al., 2001
Steak	0.01 (grillé au four)	0.01 (frit à la poêle)	4.2 (medium) 4.8 (bien) (grillé/au barbecue)	Kazerouni et al., 2001
Viande, au barbecue	1.5			Lodovici et al., 1995
Porc, au barbecue	0.1			Lodovici et al., 1995
Fricadelle cuite (70-90% maigre)	n.d. – 0.1 (feuillu, charbon de bois)	26 – 42 (bois de prosopis)		Maga, 1986
Produits de viande fumée	0.12 (jambon cuit fumé n=8, saucisse crue fumée, n=10)			Jira., 2004
Saucisse d'agneau	0.32 ± 0.02 (standard barbecue practice)	2.81 ± 0.04 (au barbecue dans des conditions sévères conditions)		Mottier et al., 2000
Produits de porc	0.5 – 2.3 (fumé au bois)	2.5 (grillé)	0.2 (aromatisants liquides)	Gomaa et al., 1993
Poulet avec peau et os	0.08 (grillé au four)	0.12 (frit à la poêle)	4.6 (grillé/au barbecue)	Kazerouni et al., 2001
Poulet, entier	0.01 (mijoté)	0.01 (rôti)		Kazerouni et al., 2001
Poulet sans os	0.12 (grille au four)	0.10 (frit à la poêle)	0.4 (grillé/au barbecue)	Kazerouni et al., 2001
Steak de poitrine de canard	6.9 (0.5 hr fumage) 6.9 (1 hr fumage)	9.0 (1.5 hr fumage) 10.6 (2 hr fumage)	13.9 (3 hr fumage)	Chen et Lin, 1997
Steak de poitrine de canard	9.2 grillé au charbon de bois sans peau (0.5 hr) 3.7 Grillé au charbon de bois avec peau (0.5 hr)	8.4 Grillé au charbon de bois sans peau (1 hr) 5.0 Grillé au charbon de bois avec peau (1 hr)	8.5 Grillé au charbon de bois sans peau (1.5 hr) 5.0 Grillé au charbon de bois avec peau n (1.5 hr)	Chen et Lin, 1997

Poulet	n.d. – 0.1 (aromatisant, fumé au bois)	0.7 – 0.8 (au barbecue)		Gomaa et al., 1993
Canard turque, saucisse et bacon	0.1 – 0.4 (fumé au bois)		n.d. (LOD = aromatisant liquide)	Gomaa et al., 1993

Tableau 3. Moyenne, fourchettes et médiane de taux de benzo[a]pyrène en µg/kg pour les huiles végétales analysés avec le pays d'origine y compris les valeurs de référence (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. = huile désodorisée.

Codes d'origine : AT = Australie, BE = Belgique, DE = Allemagne, DK = Danemark, ES = Espagne, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, NL = Hollande.

Tableau 4. Autres denrées alimentaires. Taux de Benzo[a]pyrène (µg/kg) dans d'autres types d'aliments.

Denrée alimentaire	N	BaP	Médiane	Référence
Pains et petits pains	103	0.16 (±0.55)	0.05	Commission européenne, 2004
Céréales	63	0.16 (± 0.31)	0.05	Commission européenne, 2004
Fruits secs	158	48.1 (±5.30)	0.25	Commission européenne, 2004