

commission du codex alimentarius



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

ORGANISATION
MONDIALE
DE LA SANTÉ



BUREAU CONJOINT: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROME Tél: +39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Point 17 (g) de l'ordre du jour

CX/FAC 05/37/33

Mars 2005

PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMITE DU CODEX SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES ET LES CONTAMINANTS

Trente-septième session

La Haye, Pays-Bas, 25 – 29 avril 2005

DOCUMENT DE TRAVAIL SUR L'ACRYLAMIDE

HISTORIQUE

1. A sa trente-sixième session, le Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants (CCFAC) est convenu que le document de travail sur l'acrylamide¹ serait révisé en tenant compte des observations soumises et des délibérations du Comité, par un groupe de travail présidé par le Royaume-Uni et les États-Unis avec l'assistance de la CE, du Japon, de la Corée et de la Suède, ainsi que de la Confédération des industries agro-alimentaires de l'Union européenne (CIAA), de l'International Council of Grocery Manufacturers Associations (ICGMA), et du Conseil international des fruits secs (INC), pour distribution, observations et nouvel examen à sa trente-septième session². L'Allemagne s'est jointe au groupe de travail après la session.

2. Le Comité a pris acte de l'importance de réduire la concentration d'acrylamide dans les denrées alimentaires et des progrès déjà accomplis pour réduire ces concentrations dans certains produits².

3. Le Comité est également convenu de communiquer à la FAO et à l'OMS le cadre des références en vue d'une évaluation méthodique de l'acrylamide par le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (JECFA) à sa soixante-quatrième session en février 2005².

4. Le domaine de la recherche sur l'acrylamide est actif et progresse rapidement. Ce document ne tient pas compte des progrès accomplis après janvier 2005, ni de l'évaluation du JECFA. Les questions soumises à l'examen du JECFA, comme l'exposition alimentaire, la toxicologie et l'épidémiologie, sont résumées brièvement dans ce document. Elles ne sont pas traitées dans le détail car elles auront été étudiées dans le cadre de l'évaluation des risques faite par le JECFA.

INTRODUCTION

5. En avril 2002, des chercheurs de l'Administration nationale des aliments en Suède (SNFA) et de l'université de Stockholm ont annoncé que l'acrylamide se forme dans une série d'aliments soumis à la cuisson au four ou à la friture à haute température³. Depuis la parution du rapport suédois, des résultats similaires confirmant que l'acrylamide se forme principalement dans les aliments riches en hydrates de carbone d'origine végétale préparés ou cuits à haute température ont été annoncés dans de nombreux autres pays⁴⁻⁷.

6. En 2002, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ont organisé une consultation sur «les conséquences sanitaires de la présence d'acrylamide dans les denrées alimentaires» et ont émis un certain nombre de recommandations⁸.

7. La découverte selon laquelle l'acrylamide se forme spontanément dans certaines préparations alimentaires est préoccupante car l'acrylamide est une substance probablement cancérigène pour l'homme⁹. C'est une substance réputée pour son pouvoir cancérigène et mutagène sur les cellules germinales chez les rongeurs, potentiellement cancérigène et génotoxique pour l'homme d'après les études de haut dosage faites sur les animaux, et à caractère neurotoxique connu chez l'être humain^{8,10,11}. Chez les animaux, elle augmente la fréquence d'un certain nombre de tumeurs bénignes et malignes identifiées dans divers organes (par ex., les glandes mammaires, la tunique vaginale, la thyroïde et les surrénales)¹². La cancérogénicité potentielle de l'acrylamide n'a pas fait l'objet d'études approfondies chez les humains¹², notamment après une exposition alimentaire chronique.

8. Des études cas témoins menées sur la population n'ont révélé aucune relation positive entre l'acrylamide et l'exposition alimentaire ou les aliments et les risques de cancer¹³. Qui plus est, aucune augmentation du nombre des cancers n'a été observée dans les études de cohortes chez les humains exposés à l'acrylamide dans le milieu du travail, si ce n'est l'exception possible de l'augmentation des cancers du pancréas^{14,15}. Les études épidémiologiques ont cependant une capacité limitée à détecter les augmentations légères de l'incidence des tumeurs; par conséquent, l'absence d'une relation positive ne peut pas être interprétée comme la preuve selon laquelle cette substance ne provoque pas le cancer chez l'être humain.

9. Les études menées à ce jour laissent à penser que l'acrylamide tend principalement à se former dans les aliments riches en hydrates de carbone cuits au four ou frits à des températures supérieures à environ 120 °C¹⁶⁻¹⁸. L'acrylamide n'a pas été détectée dans les aliments bouillis^{19,20}. Les mécanismes de formation de l'acrylamide ne sont pas encore pleinement compris. Le processus qui semble être à l'origine de la formation d'une grande part de l'acrylamide présente dans les aliments repose sur une réaction chimique du nom de réaction de Maillard, et plus précisément une réaction entre l'acide aminé asparagine et les sucres réducteurs contenus naturellement dans les denrées alimentaires²¹⁻²⁵. Les autres précurseurs susceptibles d'être responsables de la formation d'une partie de l'acrylamide contenu dans les aliments sont l'amino-3 propionamide, l'acide acrylique et l'ammoniac^{26,27}.

TOXICOLOGIE

10. De nombreuses études sont en cours sur la toxicologie de l'acrylamide, dont les détails sont disponibles sur le site Acrylamide Infonet commun à la FAO et à l'OMS²⁸. Celui-ci contient l'information récente de la FDA des États-Unis sur la toxicocinétique, la biodisponibilité, la formation d'adduit au niveau de l'ADN et l'acrylamide dans les aliments pour rongeurs²⁹⁻³³. Les progrès de la recherche en matière de toxicologie depuis 2002 sont marqués par les travaux de l'Atelier sur la présence d'acrylamide dans les aliments³⁴ tenu en 2004 auprès de l'Institut de coopération pour la salubrité alimentaire et la nutrition appliquée (JIFSAN). Le groupe de travail a signalé que «des progrès considérables ont été accomplis dans le domaine de la compréhension de la toxicologie et du métabolisme de l'acrylamide»³⁴. L'évaluation du JECFA contiendra les résultats provisoires, car les données clés de toxicologie (par ex., les données de neurotoxicité, et les données provenant des études chroniques sur les animaux) sont en cours de collecte. La caractérisation de l'acrylamide par le JECFA sera probablement une composante clé des versions futures de ce document de travail.

11. L'acrylamide a été classée par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) comme «probablement cancérigène pour l'homme»⁹ et reconnue par le Comité scientifique de l'alimentation de l'Union européenne (UE) comme substance cancérigène génotoxique³⁵. Deux études à long terme réalisées sur des rats montrent que l'acrylamide augmente l'incidence d'un certain nombre de tumeurs bénignes et malignes dans divers organes^{8,9}. L'acrylamide a aussi provoqué des tumeurs du poumon et cutanées chez la souris dans une série d'essais biologiques de cancérogénicité non standard³⁶. L'acrylamide est considérée comme une substance cancérigène génotoxique, bien que certaines observations suggèrent que d'autres réactions peuvent être la cause de la diversité des tumeurs observées chez les rats traités à l'acrylamide, notamment les tumeurs des tissus sensibles aux hormones³⁷. Aucune augmentation du nombre des cancers n'a été observée chez l'homme exposé à l'acrylamide dans le milieu du travail, si ce n'est l'exception possible des cancers du pancréas^{14,15}.

12. L'acrylamide se métabolise *in vivo* en glycidamide, un époxyde chimiquement réactif qui peut être responsable d'une grande partie des effets génotoxiques et cancérigènes de l'acrylamide. Les exemples de génotoxicité comprennent l'induction de mutations génétiques et d'aberrations chromosomiques sur des cellules cultivées *in vitro*⁹ et les résultats positifs des études *in vivo* sur la génotoxicité³⁵. L'acrylamide et le glycidamide réagissent tous les deux avec les composés nucléophiles par le biais de l'addition de Michael pour former des adduits au niveau de l'ADN et des protéines. Les adduits de l'acrylamide et du glycidamide au niveau de la valine N-terminal de l'hémoglobine ne sont pas toxiques, mais ils sont un marqueur utile de l'exposition *in vivo* à l'acrylamide^{8,35}. On a démontré que trois adduits à l'ADN proviennent de l'exposition *in vivo* au glycidamide, et des adduits à d'autres niveaux ont été identifiés dans les réactions *in vitro* avec l'acrylamide^{31,38}.

Neurotoxicité et toxicité reproductive et développementale

13. La neurotoxicité (provenant de l'exposition en milieu professionnel et autres expositions non alimentaires fortes) est reconnue comme l'unique effet néfaste de l'exposition à l'acrylamide chez les humains⁸. Les études sur l'homme en milieu professionnel ne permettent pas de prouver l'existence d'une relation dose-réponse⁸. On ne sait pas si les effets neurotoxiques de l'acrylamide soient imputables à l'acrylamide même ou à son métabolite, le glycidamide. L'OMS et le CSA ont tous les deux conclu qu'aucun effet neurotoxique n'est à craindre des concentrations d'acrylamide contenu dans les aliments^{8,35}.

14. Des études sur les animaux ont montré que l'acrylamide est une substance à toxicité reproductive et développementale. Comme pour la neurotoxicité, on pense que les troubles reproductifs et développementaux sont causés par des doses beaucoup plus élevées que celles contenues dans les aliments. La Consultation d'experts de l'OMS a déclaré que les doses n'induisant pas d'effet significatif (NOAEL) en matière de fertilité étaient quatre fois plus élevées que pour la neurotoxicité (neuropathie), et que le contrôle de la neurotoxicité permettrait de contrôler les effets sur la fertilité⁸.

15. En 2004, une consultation d'experts du programme de toxicologie national américain (TNP) a examiné la toxicité reproductive et développementale de l'acrylamide et a identifié les plus petites doses induisant un effet néfaste (LOAEL) comme étant de l'ordre de 4 à 45 mg/kg de poids corporel par jour pour la toxicité développementale et la toxicité reproductive des mâles chez les souris et les rats. Compte tenu du taux faible de l'estimation de l'exposition humaine à l'acrylamide (y compris l'exposition alimentaire), la consultation d'experts a qualifié de préoccupation négligeable les effets néfastes d'ordre reproductifs et développementaux et de préoccupation minime les effets héréditaires imputables à l'acrylamide sur l'ensemble de la population³⁹.

16. Conformément au Plan d'action pour l'acrylamide dans les aliments⁴⁰, la FDA américaine et les agences associées mènent une série d'études à la fois sur l'acrylamide et sur le glycidamide. Les études à court terme sur la toxicocinétique, la biodisponibilité, la formation d'adduits au niveau de l'ADN et l'acrylamide dans les aliments pour rongeurs sont terminées^{29,30,32,33}, mais les résultats des essais à long terme sur la cancérogénicité et l'évaluation de la neurotoxicité développementale ne seront pas disponibles avant 2008.

17. Le CCFAC a demandé que l'évaluation du JECFA tienne compte des résultats provisoires, étant donné que les données toxicologiques clés (par ex., les données sur la neurotoxicité, les données sur les études chroniques des animaux) sont en cours de collecte.

Études épidémiologiques

18. Au cours de l'Atelier sur la présence d'acrylamide dans les aliments tenu en 2004 dans le cadre du JIFSAN, le groupe de travail sur l'exposition et les biomarqueurs a révisé les études épidémiologiques disponibles sur l'acrylamide (expositions alimentaires et professionnelles). L'Atelier a conclu que bien que les études disponibles à ce jour ne fournissent pas la preuve absolue d'un lien entre l'exposition alimentaire à l'acrylamide et les risques de cancer, cela ne signifie pas nécessairement qu'il n'existe pas de relation entre les deux. Les études épidémiologiques n'ont pas la capacité statistique de détecter les risques de cancer imputables à l'exposition à l'acrylamide par voie alimentaire aux concentrations indiquées dans les études toxicologiques¹³.

MÉTHODES ANALYTIQUES

19. Plusieurs méthodes analytiques sont utilisées pour quantifier l'acrylamide dans les aliments. Les méthodes les plus courantes sont basées sur la chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (analyte dérivatisé), (GC-MS) et la détection par la chromatographie en phase liquide de haute performance/spectrométrie de masse en tandem (HPLC-MS/MS)^{41,42}.

20. L'Acrylamide Infonet, réseau administré par l'Institut de coopération pour la sécurité sanitaire des aliments et la nutrition appliquée (JIFSAN) pour la FAO et l'OMS fait fonction de ressource globale et d'inventaire de la recherche en cours sur l'acrylamide dans les aliments²⁸. L'Infonet contient l'information (ou les liens d'information) sur diverses méthodologies analytiques.

21. Les méthodes et les techniques de préparation des échantillons destinés à mesurer l'acrylamide dans les aliments ont été récemment examinées⁴². L'examen a porté sur l'information provenant d'articles de spécialistes et d'autres sources (par exemple, une enquête menée dans des laboratoires publics et privés des États membres de l'UE). Les auteurs ont conclu que le rôle joué par les différentes techniques d'extraction ou solvants d'extraction n'a pas encore été pleinement étudié et que les critères de performance des différentes méthodes doivent être examinés avec soin⁴³.

22. La méthodologie d'analyse de l'acrylamide depuis avril 2004 a été examinée au cours de l'Atelier sur la présence d'acrylamide dans les aliments du JIFSAN⁴⁴. Le groupe de travail sur la méthodologie analytique a tiré les conclusions suivantes: (1) toutes les matrices concernées sont raisonnablement couvertes mais l'information est limitée quant à l'efficacité des méthodes appliquées à une gamme d'aliments, (2) l'identification des composés détectés comme acrylamide est fiable, (3) les résultats numériques sont généralement satisfaisants, suivant la concentration et la matrice, et (4) les essais d'aptitude sont fréquents et continus, mais le matériel de référence certifié et la validation interlaboratoire des méthodes sont insuffisants. Le groupe de travail a aussi identifié les éléments permettant d'appliquer correctement la méthodologie⁴⁴.

23. Le groupe d'étude du Centre commun de recherche de la Commission européenne (CCR) sur les méthodes relatives à l'acrylamide poursuit l'examen des critères relatifs aux méthodes analytiques. Le CCR a procédé à une série d'essais d'aptitude visant à détecter l'acrylamide dans diverses matrices⁴³. Un test récent sur des échantillons de pain plat a montré le manque d'efficacité ($z > 2$) dans environ 30 pour cent des laboratoires participants pour au moins un des cinq échantillons analysés. Dans le cadre du projet Heatox⁴⁵ de la CE, le CCR prévoit de valider deux méthodes de détermination de l'acrylamide dans certaines matrices d'aliments. Le CCR, en collaboration avec l'Institut allemand de recherche et d'essais sur les matériaux, prépare actuellement des matériaux de référence certifiés pour l'acrylamide (pain grillé et pain plat) qui seront disponibles fin 2005.

24. Aux États-Unis, l'Association nationale des transformateurs d'aliments (NFPA) a organisé trois essais circulaires pour évaluer l'efficacité analytique des laboratoires publics et privés pratiquant l'analyse de l'acrylamide. Des laboratoires tant nord-américains qu'europeens ont participé aux essais et diverses méthodes ont été représentées. Les résultats de la dernière série d'essais, qui portait sur des échantillons de céréales, de beurre d'arachide, de chocolat, et de café, sont disponibles sur le site web du JIFSAN⁴⁴.

EXPOSITION ALIMENTAIRE

25. L'acrylamide a été détecté dans les aliments de fabrication industrielle et de préparation ménagère. La vaste gamme d'aliments dans lesquels l'acrylamide est susceptible de se former comprend les denrées de consommation courante et les produits alimentaires de haute valeur nutritionnelle.

26. Le tableau 1 contient le résumé de certains résultats des analyses de l'acrylamide présente dans les aliments à ce jour. Le nombre des analyses effectuées sur certains de ces groupes d'aliments est limité. On a observé une grande variabilité des concentrations d'acrylamide dans des aliments à l'intérieur d'une même catégorie et à l'intérieur de lots d'un même produit traités dans les mêmes conditions. Ce résumé contient les données recueillies depuis avril 2002; à ce titre, il n'exprime pas nécessairement les concentrations actuelles d'acrylamide dans ces denrées.

Tableau 1: Résumé des concentrations d'acrylamide relevées dans les aliments

Groupes d'aliments	Groupes de produits alimentaires	Concentration d'acrylamide (ug/kg)	
		Minimale	Maximale
Pommes de terre	Chips ^a	117 ⁷	3770 ⁴⁶
	Pommes frites ^{b, c}	59 ⁴⁷	5200 ⁴⁸
	Pommes de terre (cruées)	<10 ⁴⁹	<50 ⁴⁸
	Beignets/croquettes de pommes de terre (frits)	42 ⁴⁶	2779 ⁴⁶
Produits à base de céréales	Tortilla chips	120 ³	220 ⁷
	Produits de boulangerie et biscuits	18 ⁵⁰	3324 ⁴⁶
	Pain d'épice	<20 ⁴⁶	7834 ⁴⁶
	Pain	<10 ⁷	130 ⁷
	Pain grillé	25 ⁴⁸	1430 ⁵¹
	Céréales de petit déjeuner (sauf pour bébé)	11 ⁷	1057 ⁷
	Pain plat	<30 ³	2838 ⁴⁶
	Gâteaux et biscuits pour diabétiques	20 ⁴⁶	3044 ⁴⁶
	Popcorn (sucré et salé)	57 ⁴⁶	300 ⁴⁶
	Biscuits au sésame	55 ⁴⁶	160 ⁴⁶
Riz et nouilles	Nouilles frites	3 ⁵²	581 ⁵⁰
	Riz frit	<3 ⁵²	67 ⁵²
	Soupe aux nouilles instantanée	<3 ⁵²	152 ⁷
	Crackers à base de riz, grillé ou frits	17 ⁵⁰	500 ⁵³
Fruit et légumes	Olives noires en conserve	123 ⁵⁴	1925 ⁷
	Jus de prune en bouteille	53 ⁵⁴	267 ⁷
	Légumes frits (y compris les beignets de légumes)	34 ⁵⁰	34 ⁵⁰
Fruits à coque	Fruits à coque, y compris le beurre d'arachide	28 ⁷	339 ⁷
Aliments frits mixtes	Spécialités asiatiques frites - dumplings, petits pains, beignets	<3 ⁵²	190 ⁵²
	Amuse-gueules asiatiques salés frits (lentilles, 'bombay mix')	33 ⁴⁶	120 ⁴⁶
Poissons et viande	Poisson et produits de la mer, frits dans la chapelure ou dans la pâte à frire	<2 ⁵⁰	39 ⁸
	Viande/produits avicoles, frits dans la chapelure ou dans la pâte à frire	<10 ⁷	64 ⁸
	Viande, volaille et poisson en carcasse (frite)	<5 ¹⁹	52 ¹⁹
Produits à base de cacao	Produits de chocolaterie	<2 ⁴⁷	826 ⁴⁶
	Poudre de cacao ^d	<10 ⁷	909 ⁷
Boissons	Café (torréfié) ^e	45 ⁷	975 ⁴⁶
	Substitut du café ^f	116 ⁴⁶	5399 ⁷
	Extrait/poudre de café ^e	195 ⁴⁶	4948 ⁴⁶
	Thé grillé (hoji-cha) et thé Oolong ^g	<9 ⁵³	567 ⁵³
	Grains d'orge grillés (pour le thé)	140 ⁸	578 ⁵⁰
	Bière	<6 ⁴⁷	<30 ⁵¹
Aliments pour nouveaux-nés/bébés	Biscuits/biscottes pour bébés	<20 ⁴⁶	910 ⁴⁶
	Aliments pour bébés en bocaux/conserves	<10 ⁷	121 ⁷

^a Produit à base de pomme de terre finement tranché et frit (comprend ce qu'on appelle potato chips dans certaines régions, dont l'Amérique du Nord).

^b Produits à base de pommes de terre tranchés plus grossièrement (appelés French fries dans certaines régions dont l'Amérique du Nord et chips au Royaume-Uni).

^c Des concentrations plus élevées ont été observées dans les produits de préparation ménagère trop cuits, comme l'échantillon de frites trop cuites où on a observé une concentration d'acrylamide de 12800⁴⁸.

^d La poudre de cacao pour la pâtisserie.

^e Analysé tel qu'il est vendu (café torréfié/instantané/poudre d'extrait de café), pas prêt à la consommation.

^f On ne sait pas si l'échantillon correspondant à la valeur minimale a été analysé tel qu'il est vendu ou prêt à la consommation. L'échantillon correspondant à la valeur maximale a été analysé tel qu'il est vendu, et non prêt à la consommation..

^g Le thé torréfié (hoij tea) contient de 519 à 567 ng/g et le thé Oolong contient de moins de 9 à 142 ng /g, respectivement. Des échantillons de thé vert, de thé noir et de thé Pu'er ne contenait pas de quantité détectable d'acrylamide [<9 ng/g] et/ou en contenaient des traces [9 to 30 ng/g]⁵³.

27. Un certain nombre d'études ont été faites pour estimer l'exposition alimentaire à l'acrylamide. Les estimations des doses à court terme allaient de 0,2 ug/kg de poids corporel par jour pour une consommation moyenne à 3,4 ug/kg de poids corporel par jour pour une forte consommation⁵⁵. Ces concentrations sont résumées dans le tableau 2. Il est bon de signaler que diverses méthodes ont été utilisées pour obtenir les données sur la présence d'acrylamide et sur la consommation alimentaire, et pour estimer l'exposition alimentaire.

Tableau 2: Résumé des estimations d'ingestion d'acrylamide par voie alimentaire

Pays/Organisation	Estimation des doses d'ingestion d'acrylamide (ug/kg poids corporel/jour)*
FAO/OMS ⁸	0,3 – 0,8
UE CSA ³⁵	0,2-0,4
BfR, Allemagne ⁵⁶	1,1 – 3,4
BAG, Suisse ⁵⁷	0,28
SNT, Norvège ⁵⁸	0,32 – 1,35
AFSSA, France ⁵⁹	0,5 – 2,9
SNFA, Suède ⁶⁰	0,45 – 1,03
NFCS, Pays-Bas ⁵¹	0,48 – 1,1
États-Unis ⁶¹	0,43-2,31
Royaume-Uni ⁶²	0,3 – 1,8

*les fourchettes expriment les niveaux d'exposition pour des consommations moyennes et fortes quand elles ont été estimées

28. La FDA a découvert que huit groupes d'aliments (les chips¹, les frites normales², les frites cuites au four, les céréales de petit déjeuner, le pain grillé, les biscuits, le pain blanc, le café) sont la cause de plus de 80 pour cent de la dose moyenne d'acrylamide ingérée par la population et qu'aucun aliment unique n'est à lui seul entièrement responsable de la dose moyenne d'acrylamide ingérée par la population⁶³. Les estimations des expositions alimentaires calculées au Royaume-Uni montrent aussi que les produits à base de céréales et les pommes de terre sont les principales sources d'acrylamide dans l'alimentation au Royaume-Uni⁶². Les principaux groupes d'aliments responsables de l'exposition à l'acrylamide semblent être les mêmes en Amérique du Nord et en Europe.

29. La contribution apportée par la cuisine familiale à l'exposition globale n'a pas été établie.

Les sources d'exposition non alimentaires

30. Les autres sources possibles d'exposition potentielle à l'acrylamide comprennent l'exposition en milieu professionnel¹² et le tabac^{10,64}, et la présence de résidus d'acrylamide dans le polyacrylamide utilisé dans les produits comme les cosmétiques, les conditionneurs de sol, et les coagulants et les flocculants utilisés dans le traitement de l'eau¹². Les limites acceptables d'acrylamide dans les cosmétiques et dans l'eau ont été fixées^{12,65,66}.

¹ Produit à base de pomme de terre finement tranché et frit (comprend ce qu'on appelle potato chips dans certaines régions, dont l'Amérique du Nord).

² Produits à base de pommes de terre tranchés plus grossièrement (appelés French fries dans certaines régions dont l'Amérique du Nord et chips au Royaume-Uni).

FORMATION DANS LES ALIMENTS

31. L'acrylamide a été détecté dans les aliments soumis à un traitement thermique dans la transformation industrielle et dans la cuisine familiale.

32. Plusieurs mécanismes théoriques de la formation de l'acrylamide dans les aliments ont été identifiés, y compris les voies à partir des acides aminés seuls, des intermédiaires d'acroléine, des intermédiaires d'acide acrylique et des précurseurs du brunissement de la réaction de Maillard²⁵. La voie qui semble être la cause principale de la présence d'acrylamide dans la majorité des aliments où l'acrylamide a été détectée fait appel à une réaction chimique induite à haute température appelée la réaction de Maillard, entre l'acide aminé asparagine et certains sucres réducteurs, qui existent tous les deux naturellement dans les aliments^{21-25,67,68}. Les aliments riches en ces deux précurseurs sont essentiellement d'origine végétale, par ex., les pommes de terre et les céréales⁶⁹. Les autres précurseurs qui peuvent être la cause d'une fraction de l'acrylamide présente dans les aliments comprennent l'acide aminé 3-propionamide, l'acide acrylique et l'ammoniac^{26,27}.

33. D'après des études mécanistes, d'autres voies de formation de l'acrylamide dans les aliments font l'objet d'hypothèses^{26,27}: (a) l'asparagine ou la glutamine chauffées à 180 °C entraînent la formation d'acrylamide par dégradation thermique, bien qu'il ne s'agisse que de traces, (b) l'ammoniac produit par les acides alpha-aminés par dégradation de Strecker réagit avec l'acide acrylique produit par l'acroléine pendant la dégradation des lipides ou par l'acide aspartique produit par voie analogue⁷⁰, (c) un radical à fonction acide acrylique produit par l'acroléine chauffée à haute température réagit avec un radical aminé produit par le chauffage à haute température d'un acide aminé, et (d) l'acide aminé 3-propionamide produit par la décarboxylation enzymatique de l'asparagine (par ex., dans la pomme de terre) se dégrade en acrylamide pendant le chauffage.

34. L'acrylamide a été également détecté dans le café, les olives noires en conserve, les fruits à coque, le chocolat, quelques produits de la viande et du poisson, des légumes grillés (poivrons, oignons, brocolis) et les pruneaux^{7,54,71-73}. La formation de l'acrylamide dans le café n'est pas très bien comprise. On sait que l'acrylamide se forme au début du processus de torréfaction puis que son taux diminue; que les taux d'acrylamide sont plus bas dans le café torréfié foncé^{71,74,75}. La présence d'acrylamide dans les olives et les pruneaux est inattendue, et les mécanismes de sa formation dans ces aliments n'ont pas été identifiés⁷². D'autres facteurs, comme l'utilisation du gluconate de fer, peuvent jouer un rôle dans la formation de l'acrylamide dans les olives noires en conserve⁷⁴, mais cela n'est pas confirmé.

35. Les résultats des études sur les effets de la cuisine familiale donnent à penser que l'acrylamide est présente dans les aliments préparés à la maison comme les frites et le pain grillé, mais que les concentrations peuvent être minimisées (voir la section sur la réduction des concentrations)⁷⁶. La FDA américaine a aussi analysé l'acrylamide présente dans des centaines d'échantillons d'aliments faisant partie de l'étude de la ration alimentaire totale de la FDA, qui examine les aliments tels qu'ils sont préparés par les consommateurs⁵⁴. Des recherches sur la formation d'acrylamide dans la cuisine familiale sont en cours aux États-Unis et au Royaume-Uni.^{28,76,77}

36. La formation d'acrylamide dans les autres groupes d'aliments est toujours à l'étude. La formation d'acrylamide dans le café suit un schéma différent de celui de certains autres produits chauffés, à savoir qu'environ 70 pour cent de l'acrylamide formé se "perd" ou se dégrade pendant la torréfaction⁷⁵. Les études sur la stabilité de l'acrylamide dans les aliments ont montré que l'acrylamide n'est pas stable dans le temps dans certains aliments. On a observé une baisse des concentrations d'acrylamide dans le café, le cacao, les biscuits, le pain d'épice et la réglisse pendant l'entreposage^{74,78-80}.

RÉDUCTION DES CONCENTRATIONS D'ACRYLAMIDE DANS LES ALIMENTS

37. Cette section du document de travail a pour but de servir de base à l'élaboration possible d'un futur code de pratiques. Les sections ci-après indiquent les divers facteurs qui influencent la formation de l'acrylamide et mettent en évidence certains des facteurs à considérer lors de l'élaboration des stratégies de minimisation des concentrations d'acrylamide dans les aliments. Tout autre effet produit par ces mesures de minimisation sur les caractéristiques d'un aliment devra être évalué quand ces mesures sont utilisées dans le but de réduire les concentrations d'acrylamide dans l'aliment donné. Les caractéristiques qu'il est notamment nécessaire de considérer comprennent la sécurité microbienne, les propriétés organoleptiques, la qualité nutritionnelle et autres modifications chimiques.

Facteurs liés à la formation d'acrylamide

38. Les facteurs liés à la formation d'acrylamide ont surtout été identifiés dans les aliments à base de pommes de terre et de céréales. Ces facteurs clés comprennent la présence de précurseurs de l'acrylamide (principalement l'asparagine et les sucres réducteurs), la température et le temps de cuisson, et d'autres conditions de réaction ou paramètres, comme le pH, l'activité de l'eau, l'étendue de la surface, et l'étendue du brunissement. Certains de ces facteurs ont le potentiel d'être manipulés pour réduire les taux d'acrylamide.

39. Dans les aliments à base de pommes de terre, la teneur en sucres réducteurs est un facteur important de la formation d'acrylamide, le taux d'asparagine ayant moins d'importance. Un certain nombre de facteurs affectent la teneur en sucres dans la pomme de terre, comme la variété, la température du milieu de culture, la teneur en humidité des sols et les conditions d'entreposage¹⁷. Les types de cultivars et les conditions d'entreposage sont des facteurs clés de la détermination de la teneur en sucres réducteurs^{16-18,81-86}. Plusieurs groupes de chercheurs^{83,85} ont constaté que la teneur en sucres réducteurs dans une variété de cultivars de pommes de terre varie dans une fourchette de 1 à 32, alors que la teneur en asparagine libre ne varie que dans une étroite fourchette. On a observé que l'entreposage à basse température (4-6 °C), même sur de courtes périodes, peut augmenter considérablement la quantité de sucres dans les pommes de terre^{16,75,84}. On a signalé que même les cultivars de pommes de terre qui ont un taux faible de sucres au moment de la récolte enregistrent une augmentation substantielle de leur teneur en sucres pendant l'entreposage à basse température⁸⁴. Dans l'industrie de transformation de la pomme de terre, on entrepose les pommes de terre à 6-8°C (pour les pommes de terre destinées à faire les frites) ou 8-10°C (pour les pommes de terre destinées à faire les chips) pendant de longues périodes (jusqu'à 9 mois) afin de prévenir une forte accumulation des sucres⁷⁵. Dans l'industrie de transformation de la pomme de terre, les pommes de terre sont souvent reconditionnées pendant deux à trois semaines après un entreposage prolongé à 6-8°C; le reconditionnement fait baisser la teneur en sucres par suite d'une augmentation de la respiration.⁷⁵

40. Dans les aliments à base de céréales, le taux inhérent des sucres réducteurs est plus bas et varie moins que dans la pomme de terre⁸⁷. Les taux d'asparagine contenu dans la matière première et la méthode de transformation sont les deux facteurs déterminants de la quantité d'acrylamide présente dans le produit final^{75,87}.

41. L'action combinée de la température et du temps de cuisson affecte aussi la concentration d'acrylamide dans les aliments. On a observé que quand la température d'un aliment dépasse 120 °C, la concentration d'acrylamide s'accroît rapidement avec la température sur une amplitude limitée⁸⁸. À des températures supérieures à 160-170 °C, la vitesse d'élimination de l'acrylamide augmente considérablement dans certains aliments et systèmes de modèles^{17,23}. Certes, la réduction de l'exposition à des températures élevées ou à une cuisson de longue durée permet généralement de réduire la concentration d'acrylamide, mais on n'est pas encore certain que la diminution du temps ou de la température de cuisson produise le meilleur impact, ou soit le plus efficace, car des résultats différents ont été obtenus sur des aliments différents. Par exemple, on a observé des concentrations plus élevées d'acrylamide pour des temps de cuisson plus courts et des températures plus élevées dans les beignets frits chinois⁵² et les frites cuites au four ou à la grande friture.¹⁶ Réciproquement, on a observé des concentrations plus élevées d'acrylamide dans le pain d'épices cuit plus longtemps à des températures plus basses⁸³. De plus, il n'est pas toujours possible de diminuer le temps et la température de cuisson au-delà d'un certain point sans que cela n'affecte l'attractivité ou la qualité des aliments. Par exemple, baisser la température de friture des frites permet de diminuer leur teneur en acrylamide mais entraîne une augmentation de leur teneur en graisse¹⁶. Enfin, on a aussi constaté que de prolonger la durée de cuisson permet de diminuer la quantité d'acrylamide contenue dans certains aliments en activant l'élimination de l'acrylamide^{75,87}.

42. Les autres facteurs qui affectent la formation d'acrylamide comprennent le pH, l'activité de l'eau, l'étendue de la surface, et l'étendue du brunissement. La formation d'acrylamide à partir d'asparagine semble se produire de façon optimum au pH 7-8, et les chercheurs ont testé la capacité de divers acides (par ex., l'acide citrique) à réduire la formation d'acrylamide dans les aliments chauffés^{18,89,90}.

43. L'étendue du brunissement dans certains aliments cuits (par ex., la croûte de pain, le pain grillé, les pommes de terre) est liée à la concentration d'acrylamide contenu dans un produit donné, donc en cuisant les aliments dans des conditions qui limitent l'étendue du brunissement il est possible de diminuer la formation d'acrylamide dans un produit donné⁹¹⁻⁹³. Bien qu'on ait remarqué une corrélation entre la couleur d'un aliment et sa teneur en acrylamide, il n'est pas possible d'établir une règle générale applicable à tous les produits. L'étendue de la surface est liée au brunissement par le fait qu'une augmentation de l'étendue de la surface augmente la superficie sur laquelle les réactions de brunissement formant l'acrylamide peuvent se produire; en réduisant l'étendue de la surface, on pourra limiter la formation d'acrylamide⁹¹.

44. On a examiné les effets des divers additifs susceptibles de réduire la formation d'acrylamide dans les produits à base de pommes de terre, mais il ne s'agit que d'approches préliminaires⁷⁶. Les exemples d'additifs qui réduisent l'acrylamide comprennent les acides citrique et lactique, les acides aminés, le romarin, le chlorure de calcium, le phytate, et un mélange d'épices flavonoïde^{17,18,24,76,94,95}. L'asparaginase a été utilisée avec succès pour obtenir des réductions substantielles du taux d'acrylamide dans les flocons de pommes de terre et les frites, mais la commercialisation n'aura pas lieu avant plusieurs années^{25,68}. La production commerciale d'asparaginase fait l'objet de deux brevets d'invention actuellement à l'étude. L'approbation de l'utilisation de l'asparaginase comme auxiliaire de transformation devra être délivrée par les autorités compétentes. Les autres additifs, comme le BHT, le sésamol et la vitamine E favorisent la formation d'acrylamide dans la viande⁹⁶. De même, la formation d'acrylamide augmente quand on ajoute de l'huile végétale aux pommes de terre, effet probablement dû aux antioxydants contenus dans l'huile⁹⁶.

45. Le type d'huile utilisée pour la cuisson n'a aucune répercussion significative sur la formation d'acrylamide dans les aliments frits⁹⁷.

Stratégies de réduction de la formation d'acrylamide dans les aliments

46. Il est possible de modifier certains paramètres/facteurs responsables de la formation de l'acrylamide afin de réduire la quantité d'acrylamide contenue dans le produit final. Certaines de ces modifications sont traitées dans cette section. La CIAA a conçu une «boîte à outils» contenant les mesures applicables à des groupes d'aliments donnés. La boîte à outils contient les méthodes ayant le potentiel de réduire l'acrylamide au niveau: des paramètres naturels (par ex., les facteurs agronomiques, biologiques et chimiques des matières premières), de la composition du produit (par ex., des recettes différentes), des conditions de transformation (par ex., traitement thermique ou prétraitement du produit ou des ingrédients) et de l'évaluation de l'impact de ces méthodes sur les caractéristiques du produit fini (par ex., le goût, la couleur, la durée de conservation, etc.)⁷⁵. Cette approche a été présentée dans le détail lors d'une réunion des parties prenantes de la Commission européenne en janvier 2005 et s'inspire des progrès déjà accomplis sur les moyens de diminuer la concentration d'acrylamide formé dans les aliments, comme cela a été mis en évidence à la réunion des parties prenantes de la Commission européenne d'octobre 2003^{77,87}.

Produits à base de pommes de terre

47. Les stratégies visant à minimiser la formation d'acrylamide dans les produits à base de pommes de terre sont axées sur la réduction de la quantité des sucres réducteurs précurseurs dans la tubercule de la pomme de terre et sur la minimisation de la conversion de ces sucres en acrylamide sous l'effet du traitement thermique. Les stratégies comprennent la sélection des cultivars de pommes de terre à faible teneur en sucres réducteurs, l'entreposage des pommes de terre à des températures de l'ordre de 8-10°C ou plus et des températures et des temps de cuisson modérés^{17,84}.

48. Le choix du cultivar de pomme de terre adapté à la fois à la transformation commerciale et à la vente au détail dépend de l'utilisation qui sera faite de la pomme de terre. L'industrie alimentaire sélectionne les pommes de terre qui ont des qualités particulières y compris une faible teneur en sucres réducteurs pour la préparation des chips³ ou des frites⁴, qui permet d'obtenir un produit de couleur plus claire^{16,81,85}. D'une façon générale, l'utilisation des pommes de terre à faible teneur en sucres réducteurs dans les modes de cuisson qui tendent à favoriser la formation de l'acrylamide, comme la friture et la cuisson au four, doit faire partie des stratégies de minimisation de l'acrylamide dans les aliments^{81,83}.

49. Comme l'entreposage à des températures inférieures à 6-10°C stimule la formation des sucres réducteurs, l'acrylamide peut être minimisée en évitant d'entreposer les pommes de terre dans des conditions de réfrigération (4-6°C) si l'utilisation prévue est la friture ou la cuisson au four, ou d'autres modes de cuisson à hautes températures^{81,83,84,93,97}. L'entreposage à 8-10 °C ou plus est préconisé entre la ferme et le consommateur, puisque la réfrigération, aussi courte soit-elle (par ex., plusieurs jours) risque d'accroître la teneur en sucres réducteurs^{16,84}. L'information aux consommateurs concernant les conditions d'entreposage des pommes de terre, y compris l'inutilité d'utiliser un lieu d'entreposage réfrigéré, doit être envisagée⁸¹. La décision d'utiliser les températures d'entreposage comme moyen de contrôler la teneur en sucres doit être évaluée par rapport aux bénéfices de l'entreposage à basse température qui permet de contrôler la formation des germes et les maladies et grâce auquel les pommes de terre sont disponibles toute l'année et les résidus des anti-germes chimiques sont moindres^{84,98}.

50. Le trempage ou le blanchiment des pommes de terre destinées à la friture ou à la cuisson au four dans de l'eau abaisse la teneur en acrylamide contenu dans le produit fini en éliminant les précurseurs de l'acrylamide^{16,76}. Ce traitement permet aussi de retarder le brunissement, mais le temps de cuisson est plus long donc aboutit à la même teneur en acrylamide^{16,97}. Le lavage par rinçage à l'acide, à l'eau vinaigrée⁷⁶ ou à l'acide citrique¹⁶ contribue à réduire l'acrylamide, cependant, pour que ce traitement soit efficace, la quantité requise du produit ajouté risque d'affecter le goût et la consistance et d'avoir un effet indésirable sur la qualité de l'huile de friture. Le blanchiment est un procédé couramment utilisé dans la fabrication des frites pour contrôler la teneur en sucres à la surface du produit. En élaborant des stratégies de minimisation de l'acrylamide pour ces produits, il est nécessaire d'anticiper sur les autres effets produits par le trempage avant la friture. Par exemple, le lessivage de la vitamine C des pommes de terre pendant l'immersion dans l'eau est bien connu et l'étuvage/trempage des pommes de terre avant de les faire frire ou cuire au four risque d'augmenter la teneur en graisses du produit final.

51. On peut aussi réduire la concentration d'acrylamide dans les produits frits ou cuits au four en diminuant l'étendue de la surface, par exemple, en coupant les pommes de terre en tranches plus épaisses ou en enlevant les plus fines (les petits morceaux de pomme de terre) avant ou après qu'ils aient été frits^{16,91,97}.

52. La concentration d'acrylamide peut aussi être contrôlée en évitant le brunissement excessif^{91,99}. Pour les frites, le point à atteindre est quand elles sont croquantes et dorées, et légèrement rissolées aux extrémités ou sur la tranche^{16,76} ou d'une couleur jaune d'or, sans brunissement de surface⁸⁷.

³ Produit à base de pomme de terre finement tranché et frit (comprend ce qu'on appelle potato chips dans certaines régions, dont l'Amérique du Nord).

⁴ Produits à base de pommes de terre tranchés plus grossièrement (appelés French fries dans certaines régions dont l'Amérique du Nord et chips au Royaume-Uni).

53. Un traitement thermique moins intense à la cuisson, soit en diminuant la température, soit en raccourcissant le temps, peut aussi contribuer à réduire la concentration d'acrylamide^{16,76,87}. Des températures de friture plus basses pour la cuisson des frites permettent de réduire la concentration d'acrylamide en évitant l'augmentation rapide de l'acrylamide en fin de cuisson, notamment à températures plus élevées, quand il est plus facile d'excéder les conditions de cuisson idéales^{16,97}. En revanche, des températures de cuisson basses ne signifient pas nécessairement des concentrations d'acrylamide basses dans tous les aliments ou dans tous les cas (par ex.,^{52,91}), y compris quand le temps de cuisson est prolongé pour compenser la température moins élevée⁷⁶. Le brunissement est probablement un critère plus important à surveiller que la température dans la préparation des frites⁷⁶. Les températures plus basses de l'huile peuvent aussi entraîner une augmentation de la teneur en eau et en huile des produits frits finis, ce qui est potentiellement préoccupant en matière de qualité et de salubrité des aliments^{16,87}.

54. La pratique de l'immersion dans un bain sucré pour donner aux produits à base de pommes de terre précuits (comme les frites) une couleur dorée uniforme doit être reconsidérée, car le sucre contenu dans le bain peut favoriser la formation d'acrylamide⁸⁷.

Produits à base de céréales

55. La température et le temps de cuisson sont aussi les facteurs cibles de la réduction des concentrations d'acrylamide dans les produits à base de céréales. D'une façon générale, la cuisson au four de ces produits dure jusqu'à ce qu'on obtienne le taux d'humidité voulu et que le brunissement de la croûte ou en surface est minimal⁷⁶. En réduisant ces deux paramètres, on peut diminuer la concentration d'acrylamide dans certains produits; par contre, pour d'autres produits, des temps de cuisson plus longs et des températures plus élevées peuvent faire baisser la concentration d'acrylamide (par suite de l'élimination de l'acrylamide formée antérieurement); il est nécessaire que les fabricants évaluent les conditions de cuisson de chacun des produits⁸⁷. La nécessité de maintenir un taux d'humidité faible dans les produits secs et croquants (par ex., le pain plat) pour qu'ils conservent la consistance voulue et ne se détériorent pas est un souci majeur de la fabrication de ces produits⁸⁷.

56. L'utilisation d'ingrédients de faible teneur en asparagine libre ou en sucres réducteurs peut permettre de réduire les concentrations d'acrylamide dans les produits finis à base de céréales^{87,89,92}. Mais l'utilisation de ces ingrédients risque de créer d'autres problèmes, par exemple, la substitution des sucres réducteurs par des sucres non réducteurs affecte la couleur et l'arôme du produit, comme dans le cas du pain d'épices⁸⁹. De plus, on a observé que les farines brutes (qui contiennent le son) produisent des concentrations d'acrylamide supérieures à celles des farines blanches. En revanche, les farines brutes ont des qualités nutritionnelles supérieures^{75,87}. Il n'existe actuellement aucune stratégie de réduction du taux d'asparagine libre dans les ingrédients à base de céréales^{87,92}. Dans le cadre d'une stratégie à long terme, il serait bon d'encourager les sélectionneurs de végétaux à contrôler l'asparagine et à développer des variétés dont la caractéristique souhaitée serait la faible teneur en asparagine⁷⁵.

57. L'utilisation d'agents autres que le bicarbonate d'ammonium comme agent de levage dans les produits de boulangerie sucrés peut aussi favoriser la réduction de la concentration d'acrylamide dans ces produits car il est prouvé que celui-ci contribue à produire des concentrations d'acrylamide élevées^{87,89}. De telles modifications risquent d'affecter le goût des produits et d'entraîner des modifications nécessaires au niveau des autres ingrédients^{79,89}.

58. Les concentrations d'acrylamide dans le pain grillé semblent augmenter avec la couleur^{48,75,76}.

59. On observe des différences considérables entre les concentrations d'acrylamide contenue dans des lots différents des mêmes céréales de petit déjeuner traités dans des conditions identiques. Les améliorations obtenues grâce aux modifications testées à ce jour sont minimales par rapport aux différences qui existent entre les lots. Une meilleure compréhension des mécanismes de formation de l'acrylamide est nécessaire pour pouvoir réduire les concentrations d'acrylamide de façon constante⁹³.

60. La variation de la concentration moyenne d'asparagine d'une récolte à l'autre influe sur le degré de formation d'acrylamide dans les céréales de petit déjeuner⁷⁵.

Approches actuelles des gouvernements en matière de réduction de l'acrylamide

61. L'approche des gouvernements et des organisations gouvernementales en matière de réduction de l'acrylamide a consisté à délivrer des avis aux consommateurs (États-Unis, Canada, Royaume-Uni, FAO/OMS), à mener des recherches pour informer sur l'évaluation des risques et sur les mesures de gestion des risques²⁸ et à créer des programmes de réduction parrainés par les gouvernements (par ex., l'Allemagne)^{100,101}.

62. En Amérique du Nord, la FDA et Santé Canada ont conseillé aux consommateurs de ne pas changer radicalement leurs pratiques alimentaires, mais de continuer à s'alimenter de façon équilibrée conformément aux recommandations de chaque gouvernement en matière d'alimentation. Tant qu'on n'en sait pas davantage, la FDA continue de recommander aux consommateurs une alimentation, composée d'une variété d'aliments à faible teneur en graisses trans et en graisses saturées, et riches en céréales à haute teneur en fibres, en fruits et en légumes^{47,102}.

63. La consultation jointe FAO/OMS sur l'acrylamide a conseillé aux consommateurs de ne pas cuire exagérément les aliments – pendant trop longtemps ou à des températures trop élevées. La consultation a aussi recommandé une cuisson complète des aliments, notamment les viandes et les produits à base de viande, afin de détruire les agents pathogènes d'origine alimentaire comme les bactéries et les virus. Enfin, la consultation a conseillé aux consommateurs d'avoir une alimentation équilibrée et variée, riche en fruits et légumes, et de réduire leur consommation d'aliments frits et gras⁸.

64. En août 2002, l'Allemagne a introduit «le concept de minimisation» selon lequel des «taux témoins» calculés régulièrement ont été définis pour certains groupes d'aliments. Quand les contrôles effectués sur les concentrations d'acrylamide contenu dans ces aliments montrent que ces taux ne sont pas respectés, les producteurs doivent réduire la quantité d'acrylamide contenu dans leurs produits. Les consommateurs allemands ont également reçu des consignes sur la manière de préparer les frites et les pommes de terre au four¹⁰⁰.

65. Au Japon, le Ministère de la santé, du travail et du bien-être social a émis les mêmes consignes que la consultation mixte FAO/OMS sur l'acrylamide. Un projet de recherche parrainé par le gouvernement, dont l'objectif est de limiter la toxicité de l'acrylamide, est en cours.

ACTIVITÉS INTERNATIONALES

66. Quelques activités importantes concernant l'acrylamide sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3: Résumé des activités internationales concernant l'acrylamide

2002	Consultation FAO/OMS sur «Les conséquences sanitaires de la présence d'acrylamide dans les denrées alimentaires» ⁸
En cours	L'Acrylamide Infonet de la FAO et de l'OMS ²⁸
Novembre 2003	Atelier de l'AESA sur la formation d'acrylamide dans les aliments ¹⁰³
Mars 2004	Symposium de l'American Chemical Society sur la chimie et la sécurité relatives à la présence d'acrylamide dans les aliments ¹⁰⁴
Avril 2004	2 ^{ème} Atelier du JIFSAN sur la présence d'acrylamide dans les aliments ¹⁰⁵
En cours	Banque de données du CCR de la CE sur les taux d'acrylamide dans les aliments dans l'UE ⁴⁶
2002—en cours	Plan d'action pour l'acrylamide dans les aliments de la FDA américaine ⁴⁰ , Banque de données sur les taux d'acrylamide dans les aliments aux États-Unis. ^{7,54}
En cours	Projet du programme-cadre de recherche de la Commission européenne (HEATOX) ^{45,106}
Janvier 2005	Réunion des experts et des parties prenantes de la Commission européenne sur la présence d'acrylamide dans les aliments ⁷⁷
Février 2005	Évaluation du JECFA des risques liés à la présence d'acrylamide dans les aliments ¹⁰⁷

CONCLUSIONS

67. De nombreuses recherches menées au plan international ont fourni des informations utiles sur la présence de l'acrylamide dans les aliments en matière de toxicologie, méthodologie analytique, formation et méthodes potentielles de réduction de sa formation.

68. Des incertitudes existent quant à l'impact produit par l'acrylamide contenu dans les aliments sur la santé publique. Afin d'évaluer plus efficacement les risques liés à l'acrylamide, le JECFA commencera à aborder la question en 2005, les résultats de cette évaluation sur la présence d'acrylamide dans les aliments permettront d'informer sur les risques pour la santé publique et par suite, sur la gestion des risques.

69. S'il est vrai que les risques liés à la présence d'acrylamide dans les aliments et que l'effet global des options concernant la gestion des risques sont encore mal définis, les gouvernements et les organisations recommandent de modifier quelque peu les techniques de transformation des aliments pour réduire la formation d'acrylamide. Il importe que toute modification suggérée dans le but de réduire les concentrations d'acrylamide n'affecte pas négativement la sécurité des aliments et des régimes alimentaires en portant atteinte aux propriétés nutritionnelles ou à la sécurité microbiologique de l'aliment (par ex., en augmentant la teneur en graisses). Qui plus est, on n'a pas suffisamment d'information sur les différentes voies de formation de l'acrylamide pour identifier les modifications qui soient efficaces dans tous les aliments.

70. La consultation FAO/OMS de juin 2002 a conclu que la présence d'acrylamide dans les aliments est une préoccupation majeure, et recommande de poursuivre les recherches notamment sur les mécanismes de formation de l'acrylamide et sur sa toxicité. La consultation a recommandé aux consommateurs de continuer à avoir une alimentation équilibrée et riche en fruits et légumes, et a conseillé de ne pas cuire exagérément les aliments, par ex., trop longtemps ou à des températures trop élevées. Elle a cependant indiqué qu'il est important que les aliments soient soumis à une cuisson complète, notamment les viandes et les produits de la viande, afin de détruire les agents pathogènes d'origine alimentaire (bactéries, virus, etc.) qui y sont présents.

RECOMMANDATION

71. Il est recommandé que le CCFAC fasse l'examen de l'évaluation menée par le JECFA en février 2005 sur la présence d'acrylamide dans les aliments avant de développer davantage ce document de travail ou de considérer d'autres options de gestion des risques.

.....

RÉFÉRENCES

1. CX/FAC 04/36/34, CCFAC, Décembre 2003. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac36/fa36_34f.pdf .
2. ALINORM 04/27/12, 36th CCFAC, Mars 2004. <http://www.codexalimentarius.net/web/archives.jsp>.
3. Swedish National Food Administration. Analytical methodology and survey results for acrylamide in foods. <http://www.slv.se/engdefault.asp>. 2002.
4. Norwegian Food Control Authority. Results of acrylamide in the Norwegian food samples. <http://www.snt.no>. 2002.
5. Swiss Federal Office of Public Health. Acrylamide in foods. <http://www.bag.admin.ch/>. 2004.
6. United Kingdom Food Standards Agency (UK FSA). UK FSA study of acrylamide in food, May 17, 2002. www.food.gov.uk. 2002.
7. United States Food and Drug Administration (U.S. FDA). Exploratory data on acrylamide in food. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.html>. 2004.
8. World Health Organization. Health Implications of Acrylamide in Food. http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/acrylamide_full.pdf. 2002.
9. International Agency for Research on Cancer. *IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans: Acrylamide*. [60], 389-433. 1994. Lyon, France, International Agency for Research on Cancer.

10. Bergmark,E. Hemoglobin adducts of acrylamide and acrylonitrile in laboratory workers, smokers and nonsmokers. *Chem. Res. Toxicol.* 10, 78-84 (1997).
11. Bergmark,E., Calleman,C.J., He,F., & Costa,L.G. Determination of hemoglobin adducts in humans occupationally exposed to acrylamide. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 120, 45-54 (1993).
12. European Commission. Risk Assessment of acrylamide (CAS No. 79-06-1, EINECS No. 201-173-7). Risk assessment report prepared by the UK on behalf of the European Union in the framework of Council Regulation (EEC) 793/93 on the evaluation and control of the risks of "existing" substances. <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>. <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>. 2002.
13. Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN). JIFSAN 2004 Acrylamide in Food Workshop summary report on exposure and biomarkers. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg3_report.pdf . 2004.
14. Collins,J.J., Swaen,G.M., Marsh,G.M., Utidjian,H.M., Caporossi,J.C., & Lucas,L.J. Mortality patterns among workers exposed to acrylamide. *J. Occup. Med.* 31, 614-617 (1989).
15. Marsh,G.M., Lucas,L.J., Youk,A.O., & Schall,L.C. Mortality patterns among workers exposed to acrylamide: 1994 follow up. *Occup. Environ. Med.* 56, 181-190 (1999).
16. Grob,K., Biedermann,M., Biedermann-Brem,S., Noti,A., Imhof,D., Amrein,T., Pfefferle,A., & Bazzocco,D. French fries with less than 100 g/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysts. *Eur. Food Res. Technol.* 217, 185-194 (2003).
17. Biedermann,M., Noti,A., Biedermann-Brem,S., Mozzetti,V., & Grob,K. Experiments on acrylamide formation and possibilities to decrease the potential of acrylamide formation in potatoes. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 93, 668-687 (2002).
18. Rydberg,P., Eriksson,S., Tareke,E., Karlsson,P., Ehrenberg,L., & Tornqvist,M. Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuffs. *J Agric Food Chem.* 51, 7012-7018 (2003).
19. Tareke,E., Rydberg,P., Karlsson,P., Eriksson,S., & Tornqvist,M. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem.* 50, 4998-5006 (2002).
20. Tareke,E., Rydberg,P., Karlsson,P., Eriksson,S., & Tornqvist,M. Acrylamide: a cooking carcinogen? *Chem. Res Toxicol.* 13, 517-522 (2000).
21. Stadler,R.H., Blank,I., Varga,N., Robert,F., Hau,J., Guy,P.A., Robert,M.C., & Riediker,S. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature.* 419, 449-450 (2002).
22. Sanders,R.A., Zyzak,D.V., Stojanovic,M., Tallmadge,D.H., Eberhart,B.L., & Ewald,D.K. An LC/MS acrylamide method and its use in investigating the role of asparagine, Presentation at the 116th AOAC International Meeting, Los Angeles, Ca., September 22-26, 2002.
23. Mottram,D.S., Wedzicha,B.L., & Dodson,A.T. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature.* 419, 448-449 (2002).
24. Becalski,A., Lau,B.P., Lewis,D., & Seaman,S.W. Acrylamide in foods: occurrence, sources, and modeling. *J Agric Food Chem.* 51, 802-808 (2003).
25. Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN). JIFSAN 2004 Acrylamide in Food Workshop summary report on mechanisms of formation and methods of mitigation. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg1_report.pdf. 2004.
26. Granvogl,M., Jezussek,M., Koehler,P., & Schieberle,P. Quantitation of 3-aminopropionamide in potatoes-a minor but potent precursor in acrylamide formation. *J Agric Food Chem.* 52, 4751-4757 (2004).
27. Yasuhara,A., Tanaka,Y., Hengel,M., & Shibamoto,T. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. *J Agric Food Chem.* 51, 3999-4003 (2003).
28. FAO-WHO. FAO-WHO Acrylamide in Food Network (Acrylamide Infonet). <http://www.acrylamide-food.org/index.htm>. 2004.
29. Twaddle,N.C., Churchwell,M.I., McDaniel,L.P., & Doerge,D.R. Autoclave sterilization produces acrylamide in rodent diets: implications for toxicity testing. *J Agric Food Chem.* 52, 4344-4349 (2004).

30. Twaddle,N.C., McDaniel,L.P., Gamboa da Costa,G., Churchwell,M.I., Beland,F.A., & Doerge,D.R. Determination of acrylamide and glycidamide serum toxicokinetics in B6C3F1 mice using LC-ES/MS/MS. *Cancer Lett.* 207, 9-17 (2004).
31. Gamboa da Costa,G., Churchwell,M.I., Hamilton,L.P., Von Tungeln,L.S., Beland,F.A., Marques,M.M., & Doerge,D.R. DNA adduct formation from acrylamide via conversion to glycidamide in adult and neonatal mice. *Chem. Res. Toxicol.* 16, 1328-1337 (2003).
32. Doerge,D.R., Young,J.F., McDaniel,L.P., Twaddle,N.C., & Churchwell,M.I. Toxicokinetics of acrylamide and glycidamide in B6C3F1 mice. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 202, 258-267 (2005).
33. Maniere,I., Godard,T., Doerge,D.R., Churchwell,M.I., Guffroy,M., Laurentie,M., & Poul,J.M. DNA damage and DNA adduct formation in rat tissues following oral administration of acrylamide. *Mutat. Res.* 580, 119-129 (2005).
34. Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN). JIFSAN 2004 Acrylamide in Food Workshop summary report on toxicology and metabolic consequences. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg4_report.pdf. 2004.
35. European Union Scientific Committee on Food. Opinion of the EU Scientific Committee on Food on new findings regarding the presence of acrylamide in food, July 3, 2002. http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out131_en.pdf. 2002.
36. Bull,R.J., Robinson,M., & Stober,J.A. Carcinogenic activity of acrylamide in the skin and lung of Swiss-ICR mice. *Cancer Lett.* 24, 209-212 (1984).
37. WHO to hold urgent expert consultation on acrylamide in food after findings of Swedish National Food Administration. *Cent. Eur. J Public Health* 10, 162-173 (2002).
38. Segerback,D., Calleman,C.J., Schroeder,J.L., Costa,L.G., & Faustman,E.M. Formation of N-7-(2-carbamoyl-2-hydroxyethyl)guanine in DNA of the mouse and the rat following intraperitoneal administration of [¹⁴C]acrylamide. *Carcinogenesis*. 16, 1161-1165 (1995).
39. National Toxicology Program. NTP-CERHR expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of acrylamide. http://cerhr.niehs.nih.gov/news/acrylamide/final_report.pdf. 2004.
40. United States Food and Drug Administration (U.S. FDA). FDA Action Plan for Acrylamide in Food. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrypla3.html>. 2004.
41. Musser, S.M. Detection and occurrence of acrylamide in U.S. foods, Presentation at U.S. FDA Food Advisory Committee Contaminants and Natural Toxicants Subcommittee meeting, College Park, Md., December 4-5, 2002. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryage2.html>. 2002.
42. Wenzl,T., De La Calle,M.B., & Anklam,E. Analytical methods for the determination of acrylamide in food products: a review. *Food Addit. Contam.* 20, 885-902 (2003).
43. Wenzl,T., De La Calle,M.B., Gattermann,R., Hoenicke,K., Ulberth,F., & Anklam,E. Evaluation of the results from an inter-laboratory comparison study of the determination of acrylamide in crispbread and butter cookies. *Anal. Bioanal. Chem.* 379, 449-457 (2004).
44. Joint Institute for Food Safety and Applied Nutrition (JIFSAN). JIFSAN 2004 Acrylamide in Food Workshop summary report on analytical methodology. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg2_report.pdf. 2004.
45. HEATOX (Heat generated food toxicants: identification, characterization, and risk minimization): EC Project FOOD_CT-2003-506820-STREP. www.heattox.org. 2003.
46. European Commission Joint Research Centre: Institute for Reference Materials and Measurements. Monitoring database on acrylamide levels in food. http://www.irmm.jrc.be/ffu/acrylamidemonitoringdatabase_statusDecember04.xls. 2004.
47. Health Canada. Acrylamide and Food: Questions and Answers. http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/cs-ipc/chha-edpcs/e_acrylamide_and_food.html. 2003.
48. Ahn,J.S., Castle,L., Clarke,D.B., Lloyd,A.S., Philo,M.R., & Speck,D.R. Verification of the findings of acrylamide in heated foods. *Food Addit. Contam.* 19, 1116-1124 (2002).

49. Ahn, J.S. & Castle, L. Tests for the depolymerization of polyacrylamides as a potential source of acrylamide in heated foods. *J Agric Food Chem.* 51, 6715-6718 (2003).
50. Ono, H., Chuda, Y., Ohnishi-Kameyama, M., Yada, H., Ishizaka, M., Kobayashi, H., & Yoshida, M. Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods. *Food Addit. Contam.* 20, 215-220 (2003).
51. Konings, E.J., Baars, A.J., van Klaveren, J.D., Spanjer, M.C., Rensen, P.M., Hiemstra, M., van Kooij, J.A., & Peters, P.W. Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks. *Food Chem. Toxicol.* 41, 1569-1579 (2003).
52. Leung, K.S., Lin, A., Tsang, C.K., & Yeung, S.T. Acrylamide in Asian foods in Hong Kong. *Food Addit. Contam.* 20, 1105-1113 (2003).
53. Takatsuki, S., Nemoto, S., Sasaki, K., & Maitani, T. Determination of acrylamide in processed foods by LC/MS using column switching. *Shokuhin. Eiseigaku. Zasshi.* 44, 89-95 (2003).
54. United States Food and Drug Administration (U.S. FDA). Exploratory data on acrylamide in food: FY03 Total Diet Study results. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydat2.html>. 2004.
55. Dybing, E., Farmer, P.B., Andersen, M., Fennell, T.R., Lalljie, S.P., Muller, D.J., Olin, S., Petersen, B.J., Schlatter, J., Scholz, G., Scimeca, J.A., Slimani, N., Tornqvist, M., Tuijelaars, S., & Verger, P. Human exposure and internal dose assessments of acrylamide in food. *Food. Chem. Toxicol.* 43, 365-410 (2005).
56. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)/ German Federal Institute for Risk Assessment. Assessment of acrylamide intake from foods containing high acrylamide levels in Germany, July 15, 2003. http://www.bfr.bund.de/cm/245/assessment_of_acrylamide_intake_from_foods_containing_high_acrylamide_levels_in_germany.pdf. 2003.
57. Swiss Federal Office of Public Health. Preliminary communication: Assessment of acrylamide intake by duplicate diet study. <http://www.bag.admin.ch/verbrau/aktuell/d/DDS%20acrylamide%20preliminary%20communication.pdf>. 2002.
58. Dybing, E. & Sanner, T. Risk assessment of acrylamide in foods. *Toxicol. Sci.* 75, 7-15 (2003).
59. French Food Safety Agency (AFSSA). Acrylamide: Point D'Information N2. AFSSA-Saisine N 2002-SA-0300. <http://www.afssa.fr/ftp/afssa/basedoc/acrylpoint2sansannex.pdf>. 2003.
60. Svensson, K., Abramsson, L., Becker, W., Glynn, A., Hellenas, K.E., Lind, Y., & Rosen, J. Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food Chem. Toxicol.* 41, 1581-1586 (2003).
61. DiNovi, M. and Howard, D. The updated exposure assessment for acrylamide. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_dinovihoward.pdf. 2004.
62. United Kingdom Food Standards Agency (UK FSA). Analysis of total diet study samples for acrylamide: Food Survey Information Sheet Number 71/05, January 2005. <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsisbranch2005/fsis7105>. 2005.
63. United States Food and Drug Administration (U.S. FDA). Food Advisory Committee Meeting on Acrylamide, February 24-25, 2003. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryage3.html>. 2003.
64. Schettgen, T., Weiss, T., Drexler, H., & Angerer, J. A first approach to estimate the internal exposure to acrylamide in smoking and non-smoking adults from Germany. *Int. J Hyg. Environ. Health* 206, 9-14 (2003).
65. European Commission. Council directive 98/83/EC of 3 November 1998, On the quality of water intended for human consumption. *Official Journal of the European Communities* L330, 21-29 (1998).
66. Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products. Opinion of the Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-Food Products (SCCNFP) intended for consumers concerning acrylamide residues in cosmetics adopted by the plenary session of the SCCNFP of 30 September 1999. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/sccp/out95_en.html. 1999.
67. Yaylayan, V.A., Wnorowski, A., & Perez, L.C. Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide. *J. Agric Food Chem.* 51, 1753-1757 (2003).

68. Zyzak,D.V., Sanders,R.A., Stojanovic,M., Tallmadge,D.H., Eberhart,B.L., Ewald,D.K., Gruber,D.C., Morsch,T.R., Strothers,M.A., Rizzi,G.P., & Villagran,M.D. Acrylamide formation mechanism in heated foods. *J Agric Food Chem.* 51, 4782-4787 (2003).
69. Friedman,M. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *J Agric Food Chem.* 51, 4504-4526 (2003).
70. Stadler,R.H., Verzeegnassi,L., Varga,N., Grigorov,M., Studer,A., Riediker,S., & Schilter,B. Formation of vinylogous compounds in model Maillard reaction systems. *Chem. Res. Toxicol.* 16, 1242-1250 (2003).
71. Lingnert,H. Acrylamide in foods-mitigation options, Presentation at the 2004 JIFSAN Acrylamide in Food Workshop, Chicago, Ill., April 13-15, 2004. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_lingnert.pdf . 2004.
72. Roach,J.A., Andrzejewski,D., Gay,M.L., Nortrup,D., & Musser,S.M. Rugged LC-MS/MS survey analysis for acrylamide in foods. *J Agric Food Chem.* 51, 7547-7554 (2003).
73. Haase,N.U. and Kliemant,A.G., personal communication, 2005.
74. Andrzejewski,D., Roach,J.A., Gay,M.L., & Musser,S.M. Analysis of coffee for the presence of acrylamide by LC-MS/MS. *J Agric Food Chem.* 52, 1996-2002 (2004).
75. Confederation of the Food and Drink Industries of the EU (CIAA). Acrylamide Status Report December 2004: A summary of the efforts and progress achieved to date by the European Food and Drink Industry (CIAA) in lowering levels of acrylamide in food. 2004.
76. Jackson,L.S. & Al-Taher,F. in Chemistry and Safety of Acrylamide in Food. Eds. Friedman,M. & Mottram,D.S. 447-465 (Springer, New York; 2004).
77. European Commission Meeting of Stakeholders, 14 January 2005. http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acrylamide_en.htm . 2005.
78. Delatour,T., Perisset,A., Goldmann,T., Riediker,S., & Stadler,R.H. Improved sample preparation to determine acrylamide in difficult matrixes such as chocolate powder, cocoa, and coffee by liquid chromatography tandem mass spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 52, 4625-4631 (2004).
79. Grothe,K.H., Unbehend,G., Haase,N.U., Ludewig,H.G., Matthäus,B., & Vosmann,K. Einfluss von Backtriebmitteln auf die Acrylamidgehalte von Braunen Lebkuchen und Mürbkeksen. *Getreidetechnologie* (2005).
80. Hoenicke,K. & Gatermann,R. Stability of acrylamide in food during storage. *Czech J. Food Sci.* (2004).
81. Biedermann-Brem,S., Noti,A., Grob,K., Imhof,D., Bazzocco,D., & Pfefferle,A. How much reducing sugar may potatoes contain to avoid excessive acrylamide formation during roasting and baking? *Eur Food Res Technol* 217, 369-373 (2003).
82. Biedermann,M., Biedermann-Brem,S., Noti,A., & Grob,K. Methods for determining the potential of acrylamide formation and its elimination in raw materials for food preparation, such as potatoes. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 93, 653-667 (2002).
83. Amrein,T.M., Bachmann,S., Noti,A., Biedermann,M., Barbosa,M.F., Biedermann-Brem,S., Grob,K., Keiser,A., Realini,P., Escher,F., & Amado,R. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *J Agric Food Chem.* 51, 5556-5560 (2003).
84. Noti,A., Biedermann-Brem,S., Biedermann,M., Grob,K., Albisser,P., & Realini,P. Storage of potatoes at low temperature should be avoided to prevent increased acrylamide formation during frying or roasting. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 94, 167-180 (2003).
85. Becalski,A., Lau,B.P., Lewis,D., Seaman,S.W., Hayward,S., Sahagian,M., Ramesh,M., & Leclerc,Y. Acrylamide in French fries: influence of free amino acids and sugars. *J Agric Food Chem.* 52, 3801-3806 (2004).
86. Chuda,Y., Ono,H., Yada,H., Ohara-Takada,A., Matsuura-Endo,C., & Mori,M. Effects of physiological changes in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) after low temperature storage on the level of acrylamide formed in potato chips. *Biosci Biotechnol. Biochem.* 67, 1188-1190 (2003).
87. European Commission. Note of the meeting of experts on industrial contaminants in food, acrylamide workshop, 20-21 October 2003: information on ways to lower the levels of acrylamide formed in food. http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf . 2003.

88. Brown, R. Formation, occurrence and strategies to address acrylamide in food, Presentation at U.S. FDA Food Advisory Committee Contaminants and Natural Toxicants Subcommittee meeting, College Park, Md., February 24-25, 2003. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrybrow.html>. 2003.
89. Amrein, T.M., Schonbachler, B., Escher, F., & Amado, R. Acrylamide in gingerbread: critical factors for formation and possible ways for reduction. *J Agric Food Chem.* 52, 4282-4288 (2004).
90. Jung, M.Y., Choi, D.S., & Ju, J.W. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries. *J Food Sci.* 68, 1287-1290 (2003).
91. Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., & Schomig, E. Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *J Agric. Food Chem.* 52, 2735-2739 (2004).
92. Surdyk, N., Rosen, J., Andersson, R., & Aman, P. Effects of asparagine, fructose, and baking conditions on acrylamide content in yeast-leavened wheat bread. *J Agric Food Chem.* 52, 2047-2051 (2004).
93. Jackson, L.S., personal communication, 2004.
94. Becalski, A., Lau, B.P., Lewis, D. & Seaman, S. Acrylamide in foods: occurrence and sources, Presentation at the 116th AOAC International Meeting, Los Angeles, Ca., September 22-26, 2002. 2002.
95. Pariza, M. Mitigation options: the FRI acrylamide program, Presentation at the 2004 JIFSAN Acrylamide in Food Workshop, Chicago, Ill., April 13-15, 2004. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_pariza.pdf. 2004.
96. Tareke, E. Identification and origin of potential background carcinogens: endogenous isoprene and oxiranes, dietary acrylamide. 2003. PhD thesis, Stockholm University Department of Chemistry.
97. Matthäus, B., Haase, N.U., & Vosmann, K. Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 106, 793-801 (2004).
98. Wiltshire, J.J.J. & Cobb, A.H. A review of the physiology of potato tuber dormancy. *Ann. Appl. Biol.* 129, 553-569 (2005).
99. Haase, N.U., Matthäus, B., & Vosmann, K. Aspects of acrylamide formation in potato crisps. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 78, 144-147 (2004).
100. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)/ German Federal Office of Consumer Protection and Food Safety. Concept of minimising acrylamide content in foodstuffs. <http://www.bvl.bund.de/acrylamid/concept.htm>. 2005.
101. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)/ German Federal Office of Consumer Protection and Food Safety. Acrylamide--in short. http://www.bvl.bund.de/acrylamid/index_en.htm?pageitle=Federal+Office+of+Consumer+Protection+and+Food+Safety. 2005.
102. United States Food and Drug Administration (U.S. FDA). Acrylamide: Questions and Answers. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryfaq.html>. 2003.
103. European Food Safety Authority. Report of the workshop on acrylamide formation in food, 17 November 2003. http://www.efsa.eu.int/science/ahawdocuments/catindex_en.html. 2003.
104. Friedman, M., Mottram, D.S., Eds. Chemistry and Safety of Acrylamide in Food. (Springer, New York; 2005).
105. JIFSAN 2004 Acrylamide in Food Workshop: Update--Scientific Issues, Uncertainties, and Research Strategies, April 13-15, 2004. <http://www.jifsan.umd.edu/acrylamide2004.htm>. 2004.
106. European Commission Directorate General for Health and Consumer Protection. Acrylamide in food. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/fcr/acrylamide/acryl_index_en.html. 2003.
107. Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA). Summary and Conclusions: Sixty-fourth meeting, Rome, 8-17 February 2005. http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/en/summary_report_64_final.pdf. 2005.