

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 10 de l'ordre du jour

CX/CF 07/1/13

Février 2007

PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMITÉ DU CODEX SUR LES CONTAMINANTS DANS LES ALIMENTS

Première session

Beijing, Chine, 16 - 20 avril 2007

DOCUMENT DE TRAVAIL SUR LES CHLOROPROPANOLS PRODUITS LORS DE LA FABRICATION DE PROTÉINES VÉGÉTALES OBTENUES PAR HYDROLYSE ACIDE ET DU TRAITEMENT THERMIQUE DES ALIMENTS

Les gouvernements et les organisations internationales sont invités à soumettre leurs observations sur le présent document **au plus tard le 25 mars 2007**, de préférence par courrier électronique, à l'attention de Mme Tanja Åkesson, Secrétariat néerlandais auprès du Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments, télécopie: +31 70 3786141 ;courriel: 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, 00153 Rome, Italie (télécopie: + 39 06 5705 4593; courriel: Codex@fao.org).

HISTORIQUE

1. Le Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants (CCFAC), à sa trente-huitième session (ALINORM 06/29/12, par.176), est convenu d'établir un Groupe de travail électronique pour la mise à jour du document de travail CX/FAC 06/38/33⁴⁸. Le Groupe électronique présidé par le Royaume-Uni a rédigé le présent document de travail suite aux résultats de l'évaluation du JECFA et autre information pertinente dans le cadre de l'examen des limites maximales, pour distribution, observations et examen à la première session du Comité du Codex sur les contaminants dans les aliments. Le Groupe de travail électronique comprend l'Australie, le Canada, la Chine, la Communauté européenne, l'Indonésie, le Japon, les Philippines, la Pologne, la République de Corée, la Thaïlande, les Etats-Unis, AIIBP, ICGMA, et IHPC.
2. Le Groupe de travail électronique, pendant la préparation du présent document, a remplacé le titre par « Document de travail sur les chloropropanols produits lors de la fabrication de protéines végétales obtenues par hydrolyse acide et du traitement thermique des aliments », pour exprimer que le 3-MCPD, le 1,3-DCP et le 2-3,DCP y sont examinés ainsi que les différentes voies de formation de ces chloropropanols. Comme convenu à la trente-huitième session du CCFAC, le Comité est invité à réexaminer l'avant-projet de limites maximales pour le 3-MCPD présent dans les condiments liquides contenant des protéines végétales obtenues par hydrolyse acide (PVHA) (à l'exception de la sauce de soja de fermentation naturelle) à la lumière du présent document de travail révisé.
3. Le 3-MCPD appartient à une famille de composés apparentés connus sous le nom de chloropropanols. Le 3-MCPD est aussi connu sous les noms de chlorohydrine, chlorohydrine glycérol, 3-chloropropane-1,2-diol et 1-chloropropane-2,3-dihydroxypropane.⁸
4. Le 3-MCPD (3-monochloropropane-1,2-diol) a d'abord été identifié comme contaminant de l'ingrédient salé que sont les PVHA¹, obtenues en traitant les protéines végétales, comme le soja, à l'acide chlorhydrique. Suite à l'utilisation généralisée des PVHA, le 3-MCPD a maintenant été identifié dans un grand nombre d'autres aliments et d'ingrédients alimentaires, principalement dans les sauces de soja.^{9,10,11,12,14,15,16,17}

5. La présence de 3-MCPD dans la sauce de soja dérivée des PVHA semble être liée aux PVHA contaminées, ajoutées dans une proportion allant jusqu'à plus de 20% en tant qu'ingrédient⁴⁷, ou de l'utilisation *in situ* de l'hydrolyse acide pendant le processus de transformation.²⁹

6. Le 3-MCPD peut aussi se former quand les aliments, comme les produits à base de céréales, sont traités thermiquement, par ex., cuits au four, rôtis ou grillés.³⁶ Ces aliments n'utilisent pas les PVHA ou leurs dérivés comme ingrédients, et un mécanisme de formation différent pour le 3-MCPD a seulement récemment été proposé. Du fait de certaines conditions de transformation ou d'entreposage, de nombreux aliments contiennent une faible teneur en 3-MCPD et autres chloropropanols.⁵

7. La méthode validée de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) capable de mesurer le 3-MCPD dans les aliments et les ingrédients alimentaires à des concentrations inférieures à 0,01 mg/kg est disponible. Cette méthode est acceptée comme première méthode d'action par l'AOAC International.¹⁸

3-MCPD

Toxicologie

8. Les données disponibles en matière de toxicologie, mutagénicité et cancérogénicité du 3-MCPD ont été antérieurement résumées par le JECFA en 2001.²⁹

9. Le JECFA a également observé que les esters d'acides gras de 3-MCPD ont été identifiés dans une série d'aliments transformés et non transformés et que seulement un nombre limité d'analyses a été effectué, mais que la quantité de 3-MCPD estérifié dans un grand nombre des échantillons est supérieure à la quantité de monochloropropanol libre (non estérifié) dans les mêmes échantillons. Les données ne sont pas suffisantes pour permettre d'évaluer leur ingestion ou leur importance toxicologique. On a recommandé que des études soient menées pour déterminer l'importance toxicologique de 3-MCPD estérifié.

Évaluation des risques

10. À sa cinquante-septième réunion, le JECFA a examiné le 3-MCPD et le 1,3-DCP (1,3-dichloro-2-propanol), en juin 2001.²⁹ Le Comité a attribué une dose journalière maximale tolérable provisoire (DJMTP) pour le 3-MCPD de 2 µg/kg de poids corporel sur la base de la concentration minimale avec effet observable (LOEL) et un facteur de sécurité de 500. Le facteur de sécurité prévoit un facteur de 5 pour l'extrapolation de la concentration minimale avec effet observable (LOEL) en concentration sans effet observé (NOEL).

11. À sa soixante-septième session tenue en juin 2006, le JECFA a réévalué le 3-MCPD. Le Comité a retenu la DJMTP de 2 µg/kg de poids corporel compte tenu qu'il n'y a pas de nouvelles études toxicologiques importantes qui soient disponibles depuis la dernière évaluation⁸⁰. Le JECFA a également observé que la réduction de la concentration de 3-MCPD dans la sauce de soja et les produits apparentés dérivés des PVHA pourrait réduire substantiellement l'ingestion de ce contaminant par certains consommateurs de ce condiment⁸⁰.

1,3-DCP

Toxicologie

12. Les données disponibles en matière de toxicologie, mutagénicité et cancérogénicité du 1,3-DCP ont été antérieurement résumées par le JECFA en 2001.²⁹

À sa soixante-septième réunion, le JECFA a examiné deux nouvelles études de génotoxicité *in vivo*. Le test du micronucleus au niveau de la moelle osseuse d'un rat et le dosage UDS dans un foie de rat ont tous les deux donné des résultats négatifs. Comme la toxicité n'a pas été démontrée dans ces tissus, le taux d'exposition n'est pas clair.

13. Le JECFA a conclu que l'effet critique de 1,3-DCP est la cancérogénicité. Le Comité est également d'avis qu'il n'est pas possible d'exclure un mécanisme génotoxique pour les tumeurs formées lors de l'étude de cancérogénicité sur deux ans en raison des limites des nouvelles études de génotoxicité *in vivo*.²² L'analyse de la dose repère a été effectuée à partir des données obtenues lors d'une étude de la cancérogénicité sur deux ans et, sur la base des marges d'exposition, le Comité a conclu que les ingestions estimées de 1,3-DCP constituent un risque négligeable pour la santé humaine.

Évaluation des risques

14. À sa cinquante-septième réunion, le JECFA a conclu que le 1,3-DCP est hépatotoxique, qu'il provoque une variété de tumeurs dans divers organes chez le rat, et qu'il est génotoxique *in vitro*. En 2001, le JECFA a considéré qu'il était inapproprié de fixer une ingestion tolérable sur la base des augmentations significatives de l'incidence des néoplasmes à la fois bénins et malins dans au moins trois tissus indépendants et la preuve irréfutable que le 1,3-DCP interagit avec les chromosomes ou avec l'ADN dans les systèmes bactériens ou mammaliens *in vitro*.²⁹

15. Les sauces de soja qui contiennent des concentrations élevées de 3-MCPD peuvent aussi contenir du 1,3-DCP.^{13,16,17} Dans les données collectées lors de la mission de la coopération scientifique (SCOOP) de la Commission européenne,⁴² le 3-MCPD et le 1,3-DCP ont été analysés dans 282 échantillons de sauce de soja. Approximativement 20% de ces échantillons contenaient des concentrations quantifiables de 3-MCPD et de 1,3-DCP. Aucun des échantillons ne contenait de 1,3-DCP sans 3-MCPD. Les concentrations de 1,3-DCP étaient toujours inférieures à celles du 3-MCPD dans un même échantillon. Le compte-rendu de la coopération scientifique SCOOP a considéré que le rapport entre les concentrations de 3-MCPD et celles de 1,3-DCP n'était pas constant et qu'aucune corrélation ne pouvait être déduite. Le JECFA a examiné les données disponibles dans son évaluation de 2006 et a conclu qu'il semble y avoir une relation linéaire entre les concentrations de 1,3-DCP et de 3-MCPD (malgré l'insuffisance des données de soutien) mais que cela n'était pas vérifié dans le cas des concentrations faibles. Le JECFA a conclu que des données supplémentaires sur la prévalence sont nécessaires pour confirmer tout type de relation entre les concentrations de 3-MCPD et de 1,3-DCP.

16. Les données provenant d'une étude américaine sur les chloropropanols présents dans les sauces de soja et les produits apparentés menée en 2003⁴⁷ indiquent qu'on peut s'attendre à ce que la sauce de soja et les produits apparentés dont les concentrations de 3-MCPD sont supérieures à 10 mg/kg contiennent des concentrations de 1,3-DCP approximativement comprises entre 0,250 et 10 mg/kg. Le rapport entre les concentrations de 3-MCPD et de 1,3-DCP est variable, signe d'aucune corrélation étroite entre le 3-MCPD et le 1,3-DCP ($r^2 = 0,7346$); en revanche, certaines tendances apparaissent comme évidentes. De nombreuses sauces de soja et de produits apparentés fabriqués en Asie contiennent des concentrations très élevées de 3-MCPD et de 1,3-DCP. Au contraire, les produits similaires fabriqués aux États-Unis contiennent des concentrations de 3-MCPD et de 1,3-DCP faibles ou indétectables.

17. Dans son évaluation de 2006, le JECFA a conclu que les preuves disponibles montrent que le 1,3-DCP existe à des concentrations plus faibles que le 3-MCPD dans la sauce de soja et les produits apparentés et aussi dans les ingrédients alimentaires à base de PVHA mais pas dans les produits à base de viande où les concentrations de 1,3-DCP sont généralement plus élevées que celles du 3-MCPD.⁸⁰

18. Le JECFA a conclu que, sur la base des estimations nationales, l'ingestion de 0,051 µg/kg de poids corporel par jour pour le 1,3-DCP peut être considérée comme étant la moyenne pour la population dans son ensemble et celle de 0,136 µg/kg de poids corporel par jour correspond aux gros consommateurs, enfants inclus. La comparaison de ces doses d'ingestion moyennes et élevées avec la dose repère BMDL₁₀ la plus basse à 3,3 mg/kg de poids corporel par jour, qui est la dose repère BMDL₁₀ des données sur l'incidence chez les animaux traités ayant développé quelque tumeur que ce soit, indique des marges d'exposition respectives d'environ 65000 et 24000. Sur la base de ces marges d'exposition, le JECFA a conclu que les doses d'ingestion estimées pour le 1,3-DCP sont faibles et sans risque pour la santé humaine

2,3-DCP

Toxicologie

19. En 2001 et en 2004, le Comité du Royaume-Uni sur la mutagénicité des produits chimiques dans les aliments, les produits de consommation et l'environnement (COM), a examiné les données disponibles sur la mutagénicité du 2,3-DCP^{84,85}. Les données contenaient trois dosages positifs *in vitro* et deux études *in vivo* menées conformément aux directives de l'OCDE; un test du micronucleus au niveau de la moelle osseuse d'un rat et un test dans un foie de rat. Le Comité a considéré que les études *in vivo* étaient négatives et a par conséquent fourni la preuve que le 2,3-DCP n'est pas un mutagène *in vivo*.⁸⁵

20. Les données relatives à la toxicocinétique et à la toxicité générale de ce composé sont insuffisantes. La fiche de données IRIS No. 0465 de l'agence de protection environnementale américaine (EPA) rend compte de l'étude subchronique orale chez le rat, menée par EPA en 1989, qui a établi la dégénération myocardiale, l'hépatotoxicité et la néphrotoxicité du composé avec une NOAEL de 10 mg/kg de poids corporel/jour.⁸⁶ Omura et al. (1995), a signalé que le 2,3-DCP est plus toxique que le 1,3-DCP au niveau des testicules et des reins, tout en étant moins hépatotoxique.⁸⁷

VOIES DE FORMATION DU 3-MCPD

1) Hydrolyse acide

21. Commercialement, l'hydrolyse est effectuée à l'aide de 4-6M d'acide chlorhydrique à 100°C-130°C pendant 4 à 24 heures, suivie de la neutralisation à l'hydroxyde de sodium.²⁷ Le 3-MCPD est formé pendant ce procédé lors de la réaction de l'acide avec l'huile végétale résiduelle. L'acide chlorhydrique et les triacylglycérols et, dans une moindre mesure, les phospholipides et le glycérol, présents dans la matière première, sont les principaux précurseurs des chloropropanols.^{2,4} Les matières premières comprennent la farine de soja, la semoule de soja, le blé (y compris le gluten de blé), le maïs, la navette (colza) et les pommes de terre.^{27,4}

2) Traitement thermique (ne provenant pas des PVHA)

22. Le 3-MCPD se produit aussi en l'absence des PVHA. Il se formerait à partir des lipides et du chlorure de sodium (naturellement présent ou ajouté) pendant les processus courants de fabrication et de cuisson, comme la cuisson au four ou au gril. Les phospholipides ou le glycérol sont considérés comme les principaux précurseurs du 3-MCPD dans les aliments comme le pain, les produits de boulangerie, et le malt. La teneur en humidité dans les aliments influence le processus, ainsi, le glycérol semble être un précurseur important dans les aliments à teneur faible en humidité (<15%), et les autres précurseurs, comme la lécithine, dans les aliments aux teneurs élevées en humidité. Les mono ou di-esters d'acides gras de 3-MCPD peuvent aussi être présents, créant une autre source de 3-MCPD.⁵

23. La quantité de glycérol disponible pour convertir le 3-MCPD dépend des matières premières et des conditions antérieures à la transformation. Par exemple, les constituants des grains d'orge ou de blé suffisent à favoriser la synthèse du 3-MCPD. En revanche, la teneur en glycérol dans la pâte à pain dépend largement de l'âge de la farine (fraîche ou entreposée), de la quantité de levure ajoutée et de la durée de l'apprêt.⁵ Quand on grille le pain, les températures élevées agissent directement sur une grande surface de pain, ce qui entraîne l'hydrolyse à température élevée des triglycérides. Le glycérol obtenu est un précurseur de la formation de 3-MCPD.⁶⁵

24. Les principaux facteurs affectant la formation de 3-MCPD sont la température et le pH. Le 3-MCPD se forme à des températures supérieures à 170°C et il est instable quand son pH dépasse 6,0. En réalité, le bicarbonate de sodium, entre autres effets, inhiberait la formation ou accélérerait la dégradation de 3-MCPD dans les systèmes de modèles.⁵ Cependant, il convient de noter que si l'augmentation du pH dans les pains modèles réduit la concentration en 3-MCPD, elle provoque une augmentation du taux d'acrylamide.⁶

25. Les additifs contribuent aussi à la teneur en 3-MCPD. Par exemple, l'ajout de l'agent améliorant de la farine, à savoir les esters de mono et diglycérides d'acides gras (DATEM), à la pâte peut provoquer l'augmentation de la teneur en 3-MCPD dans le produit final.⁵

3) Esters d'acides gras de 3-MCPD (3-MCPD lié)

26. Ces esters représentent une nouvelle source de 3-MCPD dans les aliments, car ils peuvent libérer le 3-MCPD *in vivo*, par la réaction d'hydrolyse catalysée par une lipase.⁷¹ Les travaux de la recherche menée en République Tchèque montrent que le 3-MCPD se forme dans les aliments à la fois sous sa forme libre et sous la forme d'esters d'acides gras. Les esters d'acides gras de 3-MCPD ont d'abord été identifiés dans des mélanges modèles d'acide chlorhydrique et de triacylglycérols, de phospholipides, d'huile de soja et de lipides extraits de la semoule de soja et du gluten de blé.⁷⁰ Ils se forment aussi dans les aliments dont la fabrication fait intervenir les huiles végétales raffinées/hydrogénées. Comme pour le 3-MCPD, ils se forment dans les aliments transformés à températures élevées, dont la teneur en eau est faible et la teneur en chlorure de sodium est élevée, soumis à des périodes d'entreposage prolongées.⁷¹

27. Dans les études menées sur le pain, des concentrations importantes de 3-MCPD ont été détectées dans le pain traité à la lipase de boulangerie. Le 3-MCPD est libéré par le 3-MCPD lié suite à l'hydrolyse des esters par cette enzyme pendant la cuisson au four. Les lipases sont également responsables de la production de 3-MCPD dans les produits à base de céréales cuits au four, notamment dans le pain blanc et dans sa croûte.⁶⁶

28. L'analyse de 20 échantillons de produits donnés sur le marché de détail a montré que tous les échantillons contenaient du 3-MCPD libre dans une fourchette de 9,6 à 82,7 µg/kg d'aliments⁷¹.

Tableau 1: Teneurs en 3-MCPD libre et lié dans les denrées alimentaires^{66, 71}

Aliments	3-MCPD libre µg/kg	3-MCPD lié mg/kg de matières grasses	3-MCPD mg/kg lié
Olives marinées	13,93	< 3,30	< 0,28
Café torréfié	16,15	< 3,30	< 0,33
Arachides torréfiées	22,10	Nd	Nd
Malt clair (type pilsner)	9,55	< 3,30	< 0,05
Malt foncé	27,90	36,51	0,58
Pain plat	11,05	6,31	0,42
Crackers salés	10,72	12,52	0,14
Doughnuts	16,58	3,95	1,21
Chips	14,48	< 3,30	< 1,21
Frites	15,41	36,77	6,10
Salami mou	14,03	< 3,30	< 0,93
Salami fermenté	47,63	< 3,30	< 1,49
Jambon fumé	23,18	< 3,30	< 1,62
Mortadelle	26,24	nd	nd
Poulet grillé	26,04	< 3,30	< 0,43
Maquereau fumé	18,62	< 3,30	< 0,53
Hareng mariné	28,19	3,57	0,28
Parmesan	82,67	nd	nd
Fromage fondu	29,83	< 3,30	< 0,77
Feta	12,98	< 3,30	< 0,58
Café torréfié moulu	<0,009 – 16,1	1,7 – 3,0	0,21 – 0,39
Café torréfié instantané (soluble)	<0,009 – 18,5	2,7 – 5,2	0,006
Café torréfié vert	10,1 – 18,2	<0,009* – 1,9	<0,009* – 0,22
Café vert	<0,003* <0,009*	<0,003*	<0,003*

Nd= non détectée, soit inférieure à la limite de détection (LOD) <3,30 mg/kg de matières grasses = inférieure à la limite de quantification (LOQ)

** pour le café <0,003mg/kg = nd soit inférieure à la limite de détection (LOD, <0,009mg/kg = traces, soit concentration inférieure à la limite de quantification (LOQ)*

4) Épichlorohydrine

29. Le 3-MCPD peut migrer de certains types de résines résistantes à l'humidité à base d'épichlorohydrine utilisées dans les emballages de papier ou de cellulose, par exemple, les boyaux de saucisses, les sachets de thé et les filtres à café. La directive 2002/72/EC de la Commission européenne est entrée en vigueur en 2002 en tant que mesure internationale de minimisation de l'exposition au 3-MCPD liée à cette source, et a établi une limite maximale autorisée d'épichlorohydrine résiduelle dans le produit fini de 1 mg/kg³, par conséquent, la concentration de 3-MCPD présent dans les aliments suite au contact avec les boyaux ou autres emballages devrait être minimale dans les aliments produits dans l'Union européenne.

PRÉVALENCE DES CHLOROPROPANOLS DANS LES ALIMENTS TRAITÉS THERMIQUEMENT

Produits à base de céréales

Pain et produits de boulangerie

30. Le 3-MCPD peut être détecté dans le pain et autres produits à base de céréales. Les biscuits salés affichent des concentrations de 3-MCPD parmi les plus élevées, suivis par les doughnuts, le pain et les biscuits sucrés.³⁶ Le 3-MCPD a également été mesuré à des concentrations allant jusqu'à 0,2 mg/kg dans les gâteaux.⁴²

31. Des travaux de recherche récents financés par l'agence pour les normes alimentaires du Royaume-Uni a signalé la formation de 3-MCPD dans le pain allant jusqu'à 0,1 mg/kg.⁶³ Une enquête menée sur le pain grillé a révélé que le 3-MCPD se forme dans le pain grillé jusqu'à 1 mg/kg.³⁰ À réalité, de tous les aliments et à l'exception des sauces de soja et des PVHA, le pain grillé présente la concentration moyenne de 3-MCPD la plus élevée.³¹

32. Le 3-MCPD a aussi été signalé dans la chapelure industrielle d'enrobage, à une concentration de 0,014 mg/kg⁴². La croûte du pain blanc a aussi affiché des concentrations élevées de 3-MCPD de l'ordre de 0,48 mg/kg⁷⁵.

33. On a découvert que les ingrédients de la pâte influencent la concentration de 3-MCPD dans le pain. L'ajout de matières grasses (1% de la farine) augmente la concentration de 3-MCPD dans le pain bien qu'une concentration plus élevée de matières grasses (2 à 5%) ne produise pas d'effet supplémentaire.³⁰

34. Les agents de gonflement utilisés commercialement contiennent une variété d'ingrédients qui favorisent largement la formation de 3-MCPD. Quand les agents de gonflement commerciaux sont utilisés dans la préparation de la pâte, la teneur en saccharose est apparemment le facteur qui contribue le plus à la formation de 3-MCPD.³⁰ Il est par conséquent envisageable que les fabricants affectent la formation de 3-MCPD dans le pain en changeant l'agent de gonflement.

35. L'ajout de levure à la pâte et la durée de l'apprêt contribuent aussi à la production de 3-MCPD pendant la cuisson du pain. Les produits fabriqués à partir de farine vieillie ou plus rance contiendront davantage de 3-MCPD. Dans les produits à base de céréales fabriqués avec de la pâte levée, le glycérol qui se forme en tant que dérivé de la fermentation de la levure et qui réagit avec les ions chlorure provenant du sel de cuisson ajouté engendre la formation de 3-MCPD pendant la cuisson au four.⁶³ Des études ont montré que les concentrations de 3-MCPD augmentent avec la durée de l'apprêt de la pâte à la levure.⁶⁶

Malt

36. Le 3-MCPD a été détecté dans les malts, les farines de malt et les extraits de malt.^{10,11} On a enregistré des concentrations de malt allant jusqu'à 0,8 mg/kg.⁴² On a détecté le 3-MCPD dans les céréales torrifiées et dans les malts foncés spéciaux qui sont utilisés pour donner de la couleur et de la saveur à la plupart des bières brunes et blondes. On a constaté que la concentration de 3-MCPD est parallèle au degré de torrification de l'orge, les malts plus foncés ayant la concentration la plus élevée.⁶⁷

Pâte d'enrobage

37. La friture des pâtes d'enrobage produites en laboratoire peut engendrer une concentration de 3-MCPD allant jusqu'à 0,1 mg/kg, mais les quelques pâtes commerciales testées n'ont pas révélé de concentrations de 3-MCPD détectables à la friture.^{7,42} En revanche, certains produits enrobés de pâte peuvent contenir du 3-MCPD puisqu'on a trouvé du 3-MCPD à raison de 0,009 mg/kg dans un échantillon de filets de poissons enrobés de pâte et frits.⁴²

Viande et poisson

38. Il n'existe aucune preuve de la formation directe de 3-MCPD pendant la fabrication du salami, mais le salami peut aussi contenir des concentrations élevées d'esters de 3-MCPD, source potentielle de 3-MCPD.⁵ On a cependant enregistré des concentrations de 3-MCPD allant jusqu'à 29 mg/kg dans des échantillons de salami⁶⁶. Le 3-MCPD peut provenir des PVHA qui, bien que n'étant pas identifiées comme ingrédients, peuvent être présentes dans le salami. On a trouvé des quantités importantes de 3-MCPD estérifié dans le gras de salami, malgré l'absence de preuve montrant que l'action des lipases présentes dans les épices, la culture bactérienne et endogènes dans la viande étaient responsables de l'augmentation du 3-MCPD libre pendant l'entreposage.⁶⁶

39. La teneur en 3-MCPD dans le poisson fumé augmente avec la durée de fumage du produit bien que cette corrélation ne soit pas vérifiée avec le bacon fumé. Pour les harengs, une augmentation de la concentration de la saumure utilisée pour les traiter a entraîné une augmentation de la teneur en 3-MCPD dans le produit.⁵

40. Dans les produits comme le bacon salé, les concentrations de 3-MCPD augmentent avec la cuisson. Dans les produits salés à basse température comme les anchois, les analyses montrent que les enzymes viscérales du poisson jouent un rôle, soit en libérant le 3-MCPD des esters ou par la synthèse directe du 3-MCPD à partir du glycérol ou des glycérides.⁵

41. Des concentrations faibles de 3-MCPD et de 1-3-DCP ont été détectées dans le bœuf haché cuit, le jambon et les saucisses. Mais le 1,3-DCP a aussi été détecté dans le bœuf haché cru, le jambon et la viande de saucisse, en l'absence de 3-MCPD.⁸ Cela implique qu'il existe plus d'une voie de formation de 1-3-DCP. Le mécanisme de cette formation n'a pas été identifié.⁴⁴

Fromage

42. Le 3-MCPD a été détecté dans certains échantillons de fromage fondu, fromages d'imitation, feta et parmesan. On a constaté que certains fromages contiennent des quantités importantes d'esters de 3-MCPD.⁵ Dans certains cas, cela est dû à la migration de 3-MCPD contenu dans les boyaux de papiers et de cellulose.

43. Dans certains fromages grillés, on a constaté de fortes augmentations de la teneur en 3-MCPD, allant jusqu'à près de 0,1 mg/kg. La cuisson au four micro-onde peut aussi engendrer des concentrations élevées de 3-MCPD dans certains fromages.⁷

44. Le tableau 2 contient une liste des produits et des ingrédients identifiés comme contenant du 3-MCPD.⁴² Ces produits ne contiennent apparemment pas de PVHA, on en déduit donc que le 3-MCPD provient d'une autre source. Les concentrations maximales enregistrées dans ces produits sont incluses.

Aliments fumés

45. Dans une étude récente menée en Allemagne, on a découvert que les saucisses et le jambon fumés traités à la fumée fraîche contenaient des concentrations élevées de 3-MCPD.⁷³ En revanche, la concentration de 3-MCPD dépend du type de bois utilisé et de la durée du traitement dans la chambre de fumage. On a constaté que les saucisses poivrées fumées à 28°C contenaient une concentration de 3-MCPD de 0,133 mg/kg. Un échantillon prélevé sur le mur de la chambre de fumage contenait 18 fois la concentration de 3-MCPD trouvée dans les saucisses fumées (soit 2,455mg/kg).⁷³ Les aromatisants de fumée liquide utilisés dans la production des saucisses fumées ont également montré des concentrations élevées de 3-MCPD. Les résultats des analyses de 6 préparations commerciales ont montré des concentrations de 3-MCPD allant de 0,2 à 0,76 mg/kg. Des travaux supplémentaires sont nécessaires dans ce domaine afin d'évaluer l'influence des paramètres mentionnés ci-dessus sur la formation de 3-MCPD dans les produits alimentaires fumés.

46. Dans une autre étude, on a constaté qu'un certain nombre d'aliments fumés, à savoir les fromages, la viande, la sauce barbecue, contenait du 3-MCPD. Les concentrations variaient de <0,002 à 0,02mg/kg.⁶⁶ Les échantillons de bacon cuit contenaient davantage de 3-MCPD que les échantillons crus. Les concentrations dans les échantillons cuits allaient de 0,01 à 0,05mg/kg.⁶⁶

Café torréfié

47. Le 3-MCPD a été détecté dans le café torréfié à une concentration allant de 0,01 à 0,018 mg/kg. La concentration la plus élevée a été détectée dans un échantillon de café instantané et dans les produits obtenus après une période de torréfaction prolongée. Les cafés verts contenaient des traces de 3-MCPD libre. La couleur finale des grains de café torréfié est directement liée à la formation de 3-MCPD, les grains plus foncés ayant les concentrations les plus élevées. La concentration de 3-MCPD lié variait entre 6 µg/kg (cafés solubles) et 0,390 mg/kg (café décaféiné) et dépassait la concentration de 3-MCPD libre de 8 à 33 fois⁶⁸. Le chlorure de sel et de lipides (précurseurs de 3-MCPD) naturellement présent dans les grains de café est responsable de la formation de 3-MCPD pendant le processus de torréfaction.

Tableau 2: Produits contenant du 3-MCPD dont l'origine est autre que les PVHA

	Catégories d'aliments du Codex	Fourchette du 3-MCPD (quantifiable, mg/kg)	Nombre d'échantillons	Nombre quantifiable
1.6	Fromage	0,02 – 0,1	123	12
2.2	Émulsions grasses essentiellement du type eau dans l'huile (comprend les pâtes à tartiner, le beurre, la margarine)	0,006 – 0,01	12	1
5.2	Confiserie sucrée y compris les confiseries dures, tenders, les nougats etc.	0,020 – 0,023	15	2
6.2	Farines et amidon	0,014 – 0,029	11	4
6.3	Céréales pour petit déjeuner	0,07	45	1
6.4	Pâtes alimentaires et nouilles	0,003 – 0,023	6	5
7.1.1	Pain et petits pains	0,001 – 0,57	975	533
7.1.2	Crackers à l'exclusion des crackers sucrés	0,01 – 0,26	169	115
7.1.3	Produits de boulangerie à base de céréales	0,011 – 0,11	59	40
7.1.4	Produits apparentés au pain, y compris les farces à base de pain et les chapelures	0,01 – 0,15	20	8
7.2.3	Préparations pour produits de boulangerie fine, y compris les doughnuts, les scones et les muffins	0,01 – 0,11	98	44
7.2.1	Gâteaux, biscuits et tartes (par ex., fourrés aux fruits ou à la crème)	0,003 – 0,21	107	33
7.2.2	Biscuits	0,01 – 0,28	460	196
8.1	Viande fraîche, en pièces entières, en morceaux ou hachées	0,006 – 1,9	106	19
8.2	Viande transformée, en pièces entières ou en morceaux	0,003 – 0,10	130	47
	Produits à base de viande fumée	0,009 – 0,13	34	30
	Salami	0,011 – 29	27	16
8.3	Viande transformée hachée	0,003 – 1,8	176	72
21	Extrait de viande	0,014 – 0,55	16	5
9.1	Poisson frais	0,003 – 0,033	12	12
9.3	Poisson en semi-conserve	0,009 – 0,021	3	3
9.4	Poisson et produits de la pêche en conserve, y compris les mollusques, les crustacés et les échinodermes	0,012 – 0,19	18	8
13.3,13.4, 13.5	Aliments et préparations diététiques	0,01 – 0,41	33	14
14.1.5	Café, succédanés, thés, infusions et autres boissons chaudes à base de céréales ou de grains, à l'exception du cacao	0,01 – 0,38	58	27
14.2.1	Bière et boissons maltées	0,003 – 0,02	104	8
15.1	Produits de grignotage y compris les chips	0,006 – 0,04	66	13
22.2	Extrait de malt	0,005 – 0,85	31	17
23	Dextrines d'amidon modifié	0,012 – 0,49	9	2
26	Autres ingrédients	0,019 – 0,025	11	2
comprend	Aromatisants	0,025	2	1
16	Aliments composites	0,004 – 0,11	134	57
comprend	Pizza	0,004 – 0,09	83	31

PRÉVALENCE DE 3-MCPD DANS LES ALIMENTS CONTENANT DES PVHA

PVHA

48. Les protéines végétales hydrolysées sont des produits aromatisants salés. Elles sont produites par l'hydrolyse de sources protéiniques comme la farine de soja, le blé ou le maïs. Traditionnellement, l'hydrolyse est effectuée à l'aide d'un acide, généralement l'acide chlorhydrique.²⁷ Les PVHA sont des ingrédients largement utilisés dans les aliments, comme les sauces de soja, les soupes, les repas prêts à consommer, les produits de grignotages salés, les préparations de sauces de cuisson et les nouilles instantanées.

49. Dans une étude également menée en Chine portant sur 45 échantillons de nouilles instantanées, le 3-MCPD a été détecté dans 36 échantillons. Les concentrations étaient comprises entre 0,004 et 3,61 mg/kg, 3 échantillons contenaient des concentrations supérieures à 1 mg/kg. On n'a pas détecté de 1, 3-DCP ni de 2,3-DCP dans aucun des échantillons.⁶⁹

Sauce de soja

50. La sauce de soja peut être fabriquée par divers procédés, y compris celui de la fermentation traditionnelle et de ceux qui font intervenir un traitement à l'acide ou dans lesquels les PVHA sont un ingrédient. Il est connu que ce traitement à l'acide engendre la formation de chloropropanols, à moins d'un contrôle efficace des conditions de transformation.

51. Les sauces de soja qui sont fermentées traditionnellement ont peu de chances de renfermer du 3-MCPD,²⁹ bien que l'ajout d'ingrédients contenant du 3-MCPD comme les PVHA peut engendrer la présence de 3-MCPD dans les produits décrits comme fermentés, si la législation relative à l'étiquetage dans le pays concerné autorise l'utilisation de cette nomenclature.

52. Plusieurs pays dans le monde ont constaté qu'il existe un grand nombre de condiments d'assaisonnement liquides similaires à la sauce de soja (comme la sauce de poisson, la sauce à l'huître, la sauce aux champignons, les sauces d'assaisonnement des viandes) pouvant contenir du 3-MCPD et autres chloropropanols, soit à la suite de la transformation soit en raison de l'utilisation d'ingrédients transformés.⁴²

53. Le Japon a soumis l'information sur la production de la sauce de soja. La comparaison entre les données relatives à sauce de soja fabriquée avec les PVHA et celles concernant la sauce de soja obtenue par fermentation traditionnelle, a permis d'observer des concentrations très faibles de 3-MCPD dans les sauces de soja fermentées traditionnellement, allant de <0,004 à 0,008mg/kg, alors que la sauce de soja fabriquée avec les PVHA contenaient des concentrations allant de <0,004 à 7,8mg/kg.⁸²

54. Selon les données collectées par le JECFA en 2001, le 3-MCPD a été détecté à des concentrations supérieures à 1 mg/kg dans les PVHA et dans les sauces de soja. Dans les PVHA et dans les sauces de soja, la fourchette des concentrations se situe entre une concentration inférieure à la limite de quantification (0,01 mg/kg) et une concentration maximale de 100 mg/kg dans certains échantillons de PVHA et de 300 mg/kg dans certains échantillons de sauce de soja.²⁹

55. Au Canada, une enquête nationale a été menée sur le 3-MCPD présent dans diverses sauces de soja, aux champignons et à l'huître. En 2004-2005, le 3-MCPD et le 1,3-DCP ont été analysés dans 45 échantillons de sauces de soja importées. Les échantillons provenaient de sauces de soja commercialisées sous les appellations comme nature, végétariennes, d'assaisonnement, à l'huître, aux champignons, claires ou foncées. Le 3-MCPD a été détecté dans 33 échantillons. Dans 3 autres échantillons, la concentration de 3-MCPD (dans une fourchette de 0,02 à 0,63 mg/kg), était supérieure à la limite de détection mais inférieure à la limite maximale en vigueur au Canada, à savoir 1 mg/kg.⁸¹ À ces concentrations de 3-MCPD, le chloropropanol 1,3-DCP n'a pas été détecté.

56. Dans une étude canadienne⁸¹, 9 échantillons contenaient du 3-MCPD à une concentration supérieure à 1 mg/kg, les concentrations variaient de 2,97 à 812 mg/kg (moyenne de 194,25 mg/kg). 8 d'entre eux contenaient du 1,3-DCP et, dans 2 des cas, des concentrations extrêmement élevées de 1,3-DCP ont été signalées. Comme indiqué précédemment, le 1,3-DCP n'a pas été détecté (limite de détection (LOD) = 5 ppb) dans aucun des échantillons contenant moins de 1 mg de 3-MCPD/kg (de base liquide). Le pays d'origine était un facteur commun aux observations sur les sauces contaminées plus constant que les autres paramètres comme le type de sauce examinée ou si la sauce était produite ou non par fermentation.

57. Dans une étude portant sur 103 sauces de soja menée en Chine, 42 échantillons ne contenaient pas de 3-MCPD, c'est à dire en concentration inférieure à la limite de détection (LOD) de 0,006 mg/kg, 23 échantillons contenaient des concentrations de 3-MCPD allant de 0,001 à 0,020 mg/kg et 17 échantillons contenaient des concentrations supérieures à 1 mg/kg. Le 2-MCPD a été détecté à des concentrations allant de 0,01 à 1,93 mg/kg (avec 8 échantillons dépassant 1 mg/kg). Le 1,3-DCP et le 2,3-DCP ont été détectés dans 6 échantillons à des concentrations allant de 0,004 à 0,21 mg/kg. Outre la sauce de soja, la sauce d'assaisonnement des nouilles instantanées est l'une des plus importantes sources d'ingestion de chloropropanols en Asie.⁶⁹

58. Dans une étude, également menée en Chine, portant sur 13 sauces de soja et 4 échantillons de PVHA, le 3-MCPD a été trouvé dans 11 des échantillons de sauce de soja à des concentrations allant de 0,078 à 4,68 mg/kg, et dans toutes les échantillons de PVHA à des concentrations allant de 0,17 à 27,500 mg/kg.⁷²

59. Le tableau 3 contient la liste des produits identifiés comme contenant des concentrations quantifiables de 3-MCPD. Ce 3-MCPD provient probablement des PVHA contenues dans le produit, qui ont été ajoutées ou engendrées *in situ*.

Tableau 3: Produits contenant des protéines végétales hydrolysées à l'acide

	Catégorie d'aliments du Codex	Fourchette de 3-MCPD (quantifiable, mg/kg)	Nombre d'échantillons	Nombre quantifiable
	2.3. – Émulsions grasses autres que 2.2.	0,006 – 1,5	19	12
comprend	Huile des nouilles instantanées	0,013 – 1,5	19	12
	4.2.2.2. – Légumes séchés	0,011 – 0,69	33	28
comprend	Ail – agglutiné	0,020 – 0,69	6	6
	Ail en granulés	0,024 – 0,34	5	5
	Ail en poudre	0,028 – 0,03	2	2
	Oignon en granulés	0,016 – 0,02	2	2
	6.4. – Pâtes alimentaires, nouilles et produits similaires	0,011 - 300	157	52
comprend	Nouilles instantanées (pas les soupes aux nouilles)	0,011 - 300	157	52
	Nouilles ⁶⁹	0,004 – 3,610	45	36
	12.2. – Fines herbes, épices, assaisonnements et condiments	0,002 – 8,5	252	184
comprend	Mélange d'épices (dont le porc) (si les données sont disponibles).	0,01 – 8,5	11	5
	Assaisonnement des nouilles instantanées (si les données sont disponibles).	0,01 – 5,3	185	143
	Bouillon séché (si les données sont disponibles).	0,01 – 0,45	11	7
	12.5.2. – Préparations pour potages et bouillons	0,002 – 0,20	87	47
	12. 6.2. – Sauces émulsifiées	0,01 - 51	108	5
	12.6.3. – Préparations pour sauces et jus	0,012 – 0,44	40	13
comprend	Sauce de soja en poudre	0,088 – 0,44	2	2
	Sauce au curry en poudre	0,04	1	1
	Jus en poudre	0,01	1	1
	12.6.4. – Sauce de soja/produits à base de sauce de soja (si les données sont disponibles).	0,001 - 1779	3368	1169
	Sauce de soja ⁶⁹	0,01 – 0,020	103	23
		>0,02		38
	Sauce de soja ⁷⁴	0,01 – 17,0	316	44
	Sauce de soja ⁷²	0,078 – 4,68 (µg/kg)	13	11
	12.6.4.1. – Sauces émulsifiées	0,017 – 2,0	22	5
comprend	Marinade pour poulet	0,017 – 2,0	6	3
	12.6.4.2. – Sauce de soja foncée	0,013 - 112	215	59
	12.6.4.4. – Sauce de soja claire	0,011 - 1779	238	88
	12.6.4.6. – Sauce de soja aux champignons	0,013 - 108	175	104
	12.6.4.7. – Sauce à l'huître	0,003 – 8,8	153	36
	Sauce à l'huître ⁷⁴	0,02 – 0,1	102	18
	12.6.4.8. – Sauce de soja au poisson cru	0,018 – 0,46	18	9
	12.6.4.11. – Sauce d'assaisonnement	0,011 - 940	87	37
	12.6.4.12. – Sauce de soja aromatisée aux crevettes	0,025 - 20	8	4
	12.6.4.13 – Sauce de soja	0,001 - 1015	1125	434
comprend	Sauce Schweinfleisch	79	1	1
	12.6.4.15 – Sauce teriyaki	51	15	1
	12.6.4.16. – Sauce de soja épaisse	0,02 - 19	30	3
	12.6.4.17. – Sauce de soja fine	0,011 - 11	37	8
	12.6.4.18 – Sauce à l'huître végétarienne	0,028 – 4,0	5	2
	12.6.(divers) – Sauces et produits similaires (divers)	0,002 – 17	294	85
comprend	Huile de grillade (si les données sont disponibles).	0,093 – 0,16	8	4
	15.1 – Produits de grignotages y compris les chips.	0,01 – 0,04	60	7
	16 – Aliments composites	0,004 – 0,11	113	36
comprend	« Burger » sans viande	0,011	2	1
	20.0. – PVHA	0,01 – 1,0	99	37

EXPOSITION ALIMENTAIRE AU 3-MCPD

60. Il existe un grand nombre d'estimations de l'exposition alimentaire au 3-MCPD. Certaines d'entre elles tiennent compte de toutes les sources alimentaires de 3-MCPD (à savoir les aliments qui contiennent du 3-MCPD suite au traitement thermique ainsi que les aliments qui contiennent du 3-MCPD dérivé des PVHA). Un bref compte-rendu des estimations de l'exposition alimentaire figure ci-dessous.

61. La mission 3.2.9 de la coopération scientifique SCOOP,⁴² réalisée en Europe, a signalé une limite supérieure de la moyenne des concentrations de 3-MCPD de 9,16 mg/kg pour la sauce de soja et les produits apparentés, pour une concentration maximale de 1779 mg/kg. Les données collectées à l'occasion de la mission de la coopération scientifique SCOOP provenaient de plusieurs États membres européens. Chaque État membre a également fourni les résultats des évaluations de l'exposition alimentaire, en tenant compte des habitudes de consommation nationales, produisant ainsi une fourchette d'estimations pour l'ingestion. Les doses d'ingestion alimentaire ont été calculées en tant qu'estimations relatives à la population générale (produit de la consommation de la population par les taux de prévalence. Ce type d'estimation tient compte de la consommation alimentaire de l'ensemble de la population et par conséquent tient compte des consommateurs qui ne consomment pas les aliments concernés) et en tant qu'estimations pour les consommateurs (dans lesquelles les estimations sont calculées uniquement pour les groupes de population qui consomment l'aliment concerné). La mission 3.2.9 de la coopération scientifique SCOOP a obtenu des évaluations de l'exposition alimentaire pour la population générale comprises entre 0,5 et 1,4 µg/kg de poids corporel/jour pour les adultes à consommation élevée (95^{ème} percentile) et entre 0,5 et 1,7 µg/kg de poids corporel/jour pour les enfants à consommation élevée (95^{ème} percentile), toutes étant inférieures à la DJMTP. Les estimations de l'exposition alimentaire pour les consommateurs, provenant de groupes d'aliments donnés, étaient également inférieures à la DJMTP, l'estimation la plus élevée étant 1,1 µg/kg de poids corporel/jour, pour la sauce de soja et les produits apparentés. Bien que l'ingestion de 3-MCPD chez les consommateurs ait été supérieure pour la sauce de soja dans tous les pays, on a constaté que les autres aliments comme le pain, les pâtes alimentaires, les nouilles et les sauces ou aliments aromatisés auxquels on ajoute des sauces contribuaient de façon significative à l'ingestion globale de 3-MCPD.

62. Les normes alimentaires Australie/Nouvelle-Zélande (FSANZ) a également calculé les estimations de l'exposition alimentaire.⁷⁶ Les données de prévalence tirées des études menées entre 2001 et 2002 ont été introduites dans un modèle déterministe pour estimer les expositions alimentaires des consommateurs à partir du régime alimentaire global. Pour une concentration moyenne de 3-MCPD de 14,9 mg/kg dans la sauce de soja et la sauce à l'huître, les expositions alimentaires des consommateurs particulièrement exposés au 3-MCPD provenant des sauces de soja et à l'huître ont été estimées respectivement à 7,0 et 8,1 µg/kg de poids corporel/jour pour les adultes et les enfants à consommation élevée (95^{ème} percentile). Ces taux d'exposition sont nettement supérieurs à la DJMTP. FSANZ a également effectué une évaluation de l'exposition basée sur la concentration de 3-MCPD dans les sauces de soja et d'huître établie à 0,2 mg/kg (la limite appliquée actuellement par FSANZ pour le 3-MCPD dans les condiments liquides contenant des PVHA); l'exposition alimentaire au 3-MCPD a considérablement diminué, à savoir que les estimations pour les consommateurs particulièrement exposés au 3-MCPD au travers de la consommation des sauces de soja et à l'huître correspondaient à des doses ingérées allant jusqu'à 5 % de la DJMTP (pour les adultes à consommation élevée) et que les estimations pour les consommateurs correspondaient à des doses ingérées allant jusqu'à 7 % de la DJMTP (pour les enfants à consommation élevée) en pourcentage de la consommation alimentaire globale.

63. Entre 2004 et 2005, la Thaïlande a réalisé une estimation déterministe de l'exposition alimentaire en combinant les données de la consommation relatives à 1945 personnes avec les données de prévalence.⁷⁷ L'estimation de l'exposition concernait uniquement la consommation de sauce de soja et les produits apparentés. L'ingestion des consommateurs à consommation élevée (95^{ème} percentile) a été estimée à 0,043 µg/kg de poids corporel/jour. Dans une seconde évaluation de l'exposition basée sur une concentration de 3-MCPD dans la sauce de soja et les produits apparentés établie à 1,0 mg/kg, l'ingestion pour une consommation élevée a été évaluée à 0,32 µg/kg de poids corporel/jour, équivalent à 16 % de la DJMTP.

64. Le Conseil international des protéines hydrolysées (IHPC) a soumis une évaluation de l'exposition alimentaire pour appuyer la discussion du CCFAC à sa trente-septième session.⁷⁸ L'évaluation de l'IHPC est basée sur l'évaluation du JECFA de 2001.²⁹ À partir des données sur la consommation japonaise pour la sauce de soja, l'IHPC a estimé qu'à des concentrations de 3-MCPD de 0,4 mg/kg dans la sauce de soja et les PVHA, les consommateurs japonais pouvaient s'attendre à ingérer des doses de 26 µg/jour pour les consommateurs à consommation élevée (estimée au 90^{ème} percentile). Cette ingestion est équivalente à 0,4 µg/kg de poids corporel/jour pour un adulte de 60 kg, ce qui représente 20 % de la DJMTP. Il convient de noter que cette évaluation ne tient compte que de la consommation de sauce de soja et aliments salés à base de PVHA. Il y a bien entendu une ingestion supplémentaire de 3-MCPD due aux autres sources alimentaires.

65. L'Association internationale des industries de bouillons et potages (AIIBP) et la Fédération des associations de l'industrie des bouillons et potages de la CEE (FAIBP) a aussi soumis des évaluations de l'exposition alimentaire pour appuyer la discussion du CCFAC à sa trente-septième session.⁷⁹ Une évaluation rudimentaire de l'exposition alimentaire a été présentée, basée sur plusieurs hypothèses rigoureuses. Les données de consommation ont été estimées en supposant que 10 % de la population européenne consomme le volume des PVHA produites en Europe. Cette hypothèse a permis de déduire une estimation de l'ingestion journalière de PVHA de 2,17 g/jour. Les doses de 3-MCPD ingérées ont ensuite été estimées pour différentes concentrations maximales de 3-MCPD contenues dans les PVHA. Pour une concentration maximale de 1,0 mg/kg, on a estimé que les consommateurs adultes étaient exposés à raison de 0,031 µg/kg de poids corporel/jour (pour un adulte de 70 kg), alors que pour les enfants, l'exposition a été estimée à 0,054 µg/kg de poids corporel/jour (pour un enfant de 40 kg). Ces deux estimations sont nettement inférieures à la DJMTP. Cette fois encore, il convient de noter que cette estimation ne tient pas compte des autres sources alimentaires de 3-MCPD⁷⁹.

66. L'administration alimentaire et vétérinaire de Singapour a réalisé une évaluation de l'exposition au 3-MCPD basée sur les données de prévalence collectée pendant un programme de suivi national qui a eu lieu de janvier 2000 à avril 2002.⁷⁴ Les données de consommation pour la sauce de soja et les sauces à l'huître proviennent de l'enquête sur la nutrition nationale de Singapour (1998). Chez les consommateurs adultes à consommation élevée (95^{ème} percentile), les doses ingérées étaient de 0,15 µg/kg de poids corporel/jour (équivalent à 7,4 % de la DJMTP) pour une concentration moyenne de 3-MCPD dans les sauces de soja et à l'huître de 0,45 mg/kg. L'estimation de l'exposition alimentaire a aussi été calculée pour une concentration maximale de 3-MCPD dans les sauces de soja et à l'huître de 0,02 mg/kg (la limite maximale nationale en vigueur à Singapour pour le 3-MCPD dans la sauce de soja). La dose ingérée du consommateur adulte à consommation élevée a été estimée à 0,66 µg/kg de poids corporel/jour, équivalent à 0,3 % de la DJMTP⁷⁴. Cette fois encore, il convient de noter que ces estimations ne tiennent pas compte des autres sources alimentaires de 3-MCPD.

67. L'agence pour les normes alimentaires du Royaume-Uni a réalisé une évaluation détaillée de l'exposition au 3-MCPD basée sur les données de prévalence fournie par la mission 3.2.9 de la coopération scientifique SCOOP et d'autres pays européens, et a établi différents taux de concentrations de 3-MCPD dans les PVHA et la sauce de soja pour évaluer l'impact des concentrations maximales proposées. Les données de consommation ont été fournies par les enquêtes nationales sur la nutrition et l'alimentation au Royaume-Uni chez les adultes, les enfants en bas âge et les enfants d'âge scolaire et combinées aux données de prévalence par le biais d'un modèle déterministe. Les expositions alimentaires des consommateurs ont été estimées pour l'ensemble du régime alimentaire, y compris les sources de 3-MCPD lié au traitement thermique, les produits contenant les PVHA ainsi que la sauce de soja et les autres sauces. À partir des taux de prévalence moyenne pour le 3-MCPD, les estimations de l'exposition alimentaire des consommateurs ont été respectivement évaluées à 0,4 et 0,7 µg/kg de poids corporel/jour pour les adultes à consommation élevée (97,5^{ème} percentile) et les enfants en bas âge (0 à 4 ans). Un certain nombre de scénarios différents ont également été étudiés pour différentes concentrations maximales possibles de 3-MCPD: 0,02, 0,1, 0,2, 0,3 et 0,4 mg/kg. Les expositions alimentaires des consommateurs pour une concentration de 3-MCPD dans les PVHA établie à 0,02 mg/kg ont été estimées respectivement à 0,1 et 0,2 µg/kg de poids corporel/jour pour les adultes et les enfants en bas âges à consommation élevée. À une concentration maximale de 0,02 mg/kg, la contribution de 3-MCPD à l'exposition alimentaire la plus élevée était liée à la consommation de pain. Les expositions alimentaires des consommateurs pour une concentration de 3-MCPD dans les PVHA établie à 0,4 mg/kg ont été estimées respectivement à 0,4 et 0,5 µg/kg de poids corporel/jour pour les adultes et les enfants à consommation élevée; ces expositions sont équivalentes à 65 % et 72 % de la DJMTP. À une concentration maximale de 0,4 mg/kg, la contribution à l'exposition alimentaire la plus élevée était liée aux nouilles instantanées pour les adultes et à la sauce de soja pour les enfants (qui contiennent toutes les deux des PVHA). Les évaluations de l'exposition au Royaume-Uni montrent que pour des concentrations de 3-MCPD dans les PVHA et la sauce de soja inférieures à 0,3 mg/kg, la consommation de pain et de petits pains constitue la principale source alimentaire de 3-MCPD. Ainsi, l'ingestion de 3-MCPD est imputable à la consommation élevée d'une denrée qui a généralement un faible taux de contamination.

68. À sa soixante-septième réunion, le JECFA a examiné les données récentes sur la prévalence obtenues à partir de sources diverses et il a calculé la concentration moyenne d'environ 8 mg/kg de 3-MCPD dans la sauce de soja et les produits apparentés. Le JECFA a constaté que la répartition des concentrations de 3-MCPD dans la sauce de soja est telle que certains échantillons sont fortement contaminés; par conséquent, la consommation régulière d'une marque ou d'un type de produit donné peut entraîner des doses ingérées supérieures à la DJMTP. Les estimations de l'exposition de plusieurs pays ont été examinées, Ces estimations étaient comprises entre 0,06 et 2,3 µg/kg de poids corporel/jour pour les consommateurs à consommation élevée (95^{ème} percentile). Le Comité a conclu que, pour la consommation globale, une ingestion de 0,7 µg/kg de poids corporel/jour peut être considérée comme représentant l'ingestion moyenne de la population générale, alors qu'une ingestion de 2,3 µg/kg de poids corporel/jour peut être considérée comme représentant la consommation des consommateurs à consommation élevée. Si on exprime ces estimations en pourcentage de la DJMTP, l'ingestion estimée est comprise entre 3 et 85 % pour les adultes à consommation élevée et jusqu'à 115 % pour les enfants à consommation élevée. Le Comité a conclu en déclarant qu'il était nécessaire que des efforts soient déployés pour réduire l'ingestion de 3-MCPD liée à la consommation de la sauce de soja et de ses produits apparentés.

69. Les estimations de l'exposition alimentaire qui figurent ci-dessus, et les conclusions récentes de la soixante-septième réunion du JECFA, indiquent clairement qu'il est nécessaire d'établir une limite maximale pour le 3-MCPD contenu dans les PVHA et dans la sauce de soja. Cependant, toute limite qui sera imposée doit tenir compte de l'ingestion alimentaire liée à toutes les sources alimentaires, ce qui n'est pas le cas dans un grand nombre d'estimations de l'exposition décrites dans le présent document. Cette limite maximale doit également être relative: l'évaluation récente par le JECFA selon laquelle le 3-MCPD n'est pas génotoxique, doit être prise en compte. Il est techniquement difficile et coûteux de produire des PVHA à faible teneur en 3-MCPD, notamment pour les petits et moyens fabricants, mais depuis l'introduction des limites réglementaires pour les PVHA et la sauce de soja, les stratégies de mitigation adoptées par l'industrie, autant en Europe que dans le reste du monde, ont entraîné une réduction des concentrations de 3-MCPD dans certains aliments. Toute limite maximale qui sera établie pour le 3-MCPD contenu dans les PVHA et la sauce de soja doit garantir la protection de la santé humaine tout en tenant compte de la faisabilité économique liée à la mise en œuvre de mesures de contrôle très strictes.

Une norme Codex pour la sauce de soja

70. À sa vingt-huitième session, la Commission du Codex Alimentarius a reconnu qu'il n'existait pas de consensus sur la poursuite des travaux relatifs à l'élaboration d'une norme Codex pour la sauce de soja. La Commission a observé que le champ d'application et la définition du produit variaient considérablement d'une législation nationale à l'autre, qu'il n'y avait pas à l'heure actuelle de risque notable pour la santé lié à ce produit, et que les questions de sécurité sanitaire pourraient être ou étaient déjà traitées dans les comités horizontaux compétents⁸³.

71. La Commission a fait sienne la recommandation du Comité exécutif⁸⁸ d'interrompre les travaux relatifs à la sauce de soja au sein du Codex, étant entendu qu'une telle décision n'empêcherait pas la Commission de revenir sur la question à l'avenir et de réenvisager la possibilité de normaliser le produit, en observant que la protection des consommateurs contre les pratiques frauduleuses doit être l'un des facteurs pris en compte lorsque sera reconsidérée la nécessité d'une normalisation de ce produit⁸³.

RECOMMANDATIONS

72. Des travaux supplémentaires sur la formation de 3-MCPD à partir de ses esters sont nécessaires. Il conviendrait également d'étudier l'importance toxicologique de ces esters.

REFERENCES

1. Velíšek J., Davídek J., Kubelka V., Janíček G., Svobodová Z., Šimicová Z (1980). New Chlorine Containing Organic Compounds in Protein Hydrolysates. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 28, 1142-1144.
2. Velíšek, J., Davídek, J., Hajslova, J., Kubelka, V., J Janíček, G., Mankova, B (1978) Chlorohydrins in protein hydrolysates. *Z Lebensm Unters Forsch.*,167(4):241-4.
3. Commission Directive 2002/72/EC. Relating to plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. 6th August 2002
<http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001R0466:EN:HTML>
4. Collier, P.D., Cromie, D.D.O. and Davies, A.P. (1991) Mechanism of formation of chloropropanols present in protein hydrolysates. *Journal of the American Oil Chemists Society*, Vol 68, No 10.
5. Brereton, P., Crews, C., Hasnip, S., Reece, P., Velisek, J., Dolezal, M., Hamlet, C., Sadd, P., Baxter, D., Slaiding, I. and Muller. R. (2005) The Origin and Formation of 3-MCPD in Foods and Food Ingredients. Food Standards Agency (UK).
6. Hamlet, C.G., Baxter, D., Sadd, P.A., Slaiding, I., Liang, L., Muller, R., Jayaratne, S.M., Boer, C. (2005) Exploiting process factors to reduce acrylamide in cereal-based foods. Food Standards Agency (UK).
7. Crews, C., Brereton, P. and Davies, A., 2001, Effect of domestic cooking on the levels of 3-monochloropropane-1,2-diol in food. *Food Additives and Contaminants*, 18 (4) 271-280.
8. Chloropropanols in food - An analysis of the public health risk. Technical Report Series No 15, Food Standards Australia New Zealand, October 2003. www.foodstandards.gov.au/mediareleasespublications/technicalreportserie1338.cfm
9. JFSSG (1999). Survey of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in acid-hydrolysed vegetable protein. *Food Surveillance Information Sheet No. 181*.
<http://archive.food.gov.uk/maff/archive/food/infsheet/1999/no181/181mcpd.htm>
10. Food Standards Agency (2001) Survey of 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in Food Ingredients. *Food Surveillance Information Sheet No. 11/01*. www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis-2001/3-mcpding
11. Food Standards Agency (2001) Survey of 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in Selected Foods. *Food Surveillance Information Sheet No. 12/01*. www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis-2001/3-mcpdsel
12. JFSSG (1999). Survey of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in soy sauce and similar products. *Food Surveillance Information Sheet No. 187*.
<http://archive.food.gov.uk/maff/archive/food/infsheet/1999/no187/187soy.htm>
13. Crews, C., LeBrun G., Hough, P., Harvey, D. and Brereton, P. Chlorinated propanols and levulinic acid in soy sauces. *Czech Journal of Food Sciences*, 2000, Vol 18, 276-277
14. Food Standards Agency (2001) Survey of 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in soy sauce and related products. *Food Surveillance Information Sheet No. 14/01*
www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis-2001/3-mcpdsoy
15. Food Standards Agency (2002) Survey of 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in soy sauce and related products from catering establishments. www.food.gov.uk/news/newsarchive/2002/aug/soy_sauce
16. Food Standards Agency (2002) Survey of 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) and 1,3-dichloropropanol (1,3-DCP) in soy sauce and related products. www.food.gov.uk/news/newsarchive/2002/dec/soy
17. Food Standards Agency (2001) Survey of 1,3-dichloropropanol (1,3-DCP) in soy sauce and related products. *Food Surveillance Information Sheet No. 15/01* . www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis-2001/13dcpsoy

18. Brereton, P *et al.* (2001). Determination of 3-Chloro-1,2-Propanediol in foods and food ingredients by gas chromatography with mass spectrometric detection: collaborative study. *Journal of AOAC International*. **84** (2), 455-465.
19. Kluwe, W.M., Gupta, B.N., Lamb, J.C. IV. (1983). The comparative effects of 1,2-dibromo-3-chloropropane (DBCP) and its metabolites, 3-chloro-1,2-propanoxide (epichlorohydrin), 3-chloro-1,2-propanediol (alpha-chlorohydrin), and oxalic acid, on the urogenital system of male rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 70, 67-86
20. Cooper, E.R.A., Jackson, H. (1973). Chemically induced sperm retention cysts in the rat. *J. Reprod. Fertil.* 34, 445-449; Coppola, J.A., 1969: An extragonadal male antifertility agent. *Life Sci.*, 8, 43-48
21. Katoh, T., Haratake, J., Nakano, S., Kikuchi, M., Yoshikawa, M., Arashidani, K. (1998). Dose-dependent effects of dichloropropanol on liver histology and lipid peroxidation in rats. *Ind. Health*, 36, 318-23
22. Howe, J. (2002). 1,3-Dichloropropan-2-ol (1,3-DCP): Induction of micronuclei in the bone marrow of treated rats; and Beevers, C. 2003. 1,3-Dichloropropan-2-ol (1,3-DCP): Induction of unscheduled DNA synthesis in rat liver using an in vivo/in vitro procedure. FSA final report no T01024
23. Tritscher, A. M. (2004) Human Health Risk Assessment of Processing-related Compounds in Food. *Toxicology Letters*. **149**, 177-186.
24. Committee on Carcinogenicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment (June 2004) Statement on Carcinogenicity of 1,3-dichloropropan-2-ol (1,3-DCP) and 2,3-dichloropropan-1-ol (2,3-DCP) www.advisorybodies.doh.gov.uk/coc/1,3-2,3dcp04.htm
25. Committee on Mutagenicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment (May 2004) Statement on the Mutagenicity of 2,3-Dichloropropan-1-ol (2,3-DCP) www.advisorybodies.doh.gov.uk/com/2,3dcp04.htm
26. Calta, P., Velíšek, J., Doležal, M., Hasnip, S., Crews, C., Réblová Z. (2004). Formation of 3-chloropropane-1,2-diol in systems simulating processed food. *Eur. Food Res. Technol.* 218, 502-506.
27. Aasling, M. D., Martens, M., Poll, L., Nielsen, P. M., Flyge, H., Larsen, L. M. (1998). Chemical and Sensory Characterization of Hydrolyzed Vegetable Protein, A Savory Flavoring. *J. Agric. Food Chem.* 46, 481-489.
28. Scientific Committee on Food (2001) Opinion of the Scientific Committee on Food on 3-monochloropropane -1,2-diol (3-MCPD) europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out91_en.pdf
29. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) Evaluation of certain food additives and contaminants (Fifty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). WHO Technical Report Series, No. 909, 2002. www.who.int/ipcs/publications/jecfa/en/
30. Breitling-Utzmann, C. M., Hrenn, H., Haase, N. U., Unbehend, G. M. (2005). Influence of dough ingredients on 3-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) formation in toast. *Food Additives and Contaminants*. 22(2), 97-103.
31. Hamlet, C. G. and Sadd, P. A. (2005). Effects of yeast stress and pH on 3-monochloropropanediol (3-MCPD)-producing reactions in model dough systems. *Food Additives and Contaminants*. 22(7), 616-623
32. WHO Food Additives 48, Safety of Evaluation of Certain Food Additives & Contaminants www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v48je01.htm
33. Australia and New Zealand Food Authority Joint Communique (24 October 2001) www.health.gov.au/internet/wcms/publishing.nsf/Content/foodsecretariat-communicues-01_24oct.htm
34. Canadian Food Inspection Agency, Official Notice to Associations/Importers/Manufacturers, December 9th, 1999, www.inspection.gc.ca/english/corpaffr/newcom/1999/19991214noticee.shtml. Canadian Food Inspection Agency March 24th 2000, www.inspection.gc.ca/english/fssa/invenq/inform/20000324e.shtml
35. Sunahara, G., Perrin, I., and Marchessine, M. 1993. Carcinogenicity study on 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) administered in drinking water to Fischer 344 rats. Report RE-SR93003 submitted to WHO by Nestec Ltd., Research and Development, Lausanne, Switzerland.

36. Hamlet, C.G., Sadd, P.A., Crews, C., Velisek, J. and Baxter, D.E. (2002) Occurrence of 3-chloropropane-1,2-diol (3-MCDP) and related compounds in foods: a review. *Food Additives and Contaminants*. **19**(7), 619-631.
37. Commission Regulation (EC) No 466/2001. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Communities*. 8th March 2001. http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/mcpd_en.htm
38. First Supplement to the Food Chemicals Codex: Fourth Edition. *Committee on Food Chemicals Codex, Institute of Medicine of the National Academies*. (1996) <http://www.iom.edu/report.asp?id=4590>
39. World Trade Organization Committee on Sanitary and Phytosanitary Measures Notification of Emergency Measures (26 July 2001) (G/SPS/N/MYS/10)
40. MAFF (1999). The effects of cooking on the level of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in foods. CSL Report FD 98/60.
41. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Processed Fruits & Vegetables, 22nd Session, Proposed draft codex standard for soy sauce October 2004, CX PFV 04/22/08 www.codexalimentarius.net/web/current.jsp?lang=en
42. European Commission Directorate-General Health and Consumer Protection, Report of experts participating in Scientific Cooperation task 3.2.9. "Collection and collation of data on levels of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) and related substances in foodstuffs", June 2004. http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/mcpd_en.htm
43. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, Codex Committee on Processed Fruits & Vegetables, Report of the 22nd Session, 2004. ALINORM 05/28/27, www.codexalimentarius.net/web/reports.jsp?lang=en
44. Food Standards Agency, UK. Chloropropanols in meat products, May 2004 www.food.gov.uk/news/newsarchive/2004/may/chloropropanols
45. World Trade Organisation Committee on Sanitary and Phytosanitary Notification G/SPS/N/THA/88, 26 March 2002.
46. World Trade Organization Committee on Sanitary and Phytosanitary Notification G/SPS/N/MYS/10, 26 July 2001
47. Nyman, P.J., Diachenko, G.W. and Perfetti, G.A. (2003) Survey of chloropropanols in soy sauces and related products. *Food Additives and Contaminants*. **10**(20), 909-915.
48. ALINORM 06/29/12, paragraph 175, 176, 177
49. ALINORM 05/28/12, paragraph 189
50. ALINORM 05/28/12, paragraph 188
51. ALINORM 05/28/3a, paragraph 16
52. ALINORM 05/28/41, paragraphs 103 and 104
53. ALINORM 05/28/3, paragraph 53
54. Silankova, L., Smid, F., Cerna, M., Davidek, J., Velisek, J., (1982) Mutagenicity of glycerol chlorohydrines and of their esters with higher fatty acids present in protein hydrolysate. *Mutation Research*, 103, 77-81
55. Stolzenberg, S.J., Hine, C.H., (1979) Mutagenicity of halogenated and oxygenated three-carbon compounds. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 5, 1149-1158
56. Stolzenberg, S.J., Hine, C.J., (1980) Mutagenicity of 2- and 3-carbon halogenated compounds in the Salmonella/mammalian-microsome test. *Environmental Mutagenesis*, 2, 59-66
57. Zeiger, E., Anderson, B., Haworth, S., Lawlor, T., Mortlesman, K., (1988) Salmonella mutagenicity tests: IV. Results from the testing of 300 chemicals. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 11 (S12), 1-158

58. Piasecki, A., Ruge, A., Marquardt, H., (1990) Malignant transformation of mouse M2-fibroblasts by glycerol chlorohydrins contained in protein hydrolysate and commercial food. *Arzneim-Forsch./Drug Research*, 40, 1054-1055
59. May, C., (1991) *In vitro* sister chromatid exchange assay in mammalian cells. Unpublished report No. 91/4 CM from Fraunhofer-Institute für Toxikologie und Aerosolforschung, Hanover, Germany
60. Rossi, A.M., Miglore, L., Lasialfari, D., Sbrana, I., Loprieno, N., Tororeto, M., Bidoli, F., Pantarotto, C., (1983) Genotoxicity, metabolism and blood kinetics of epichlorhydrin in mice. *Mutation Research*, 118, 213-226
61. Marshall, R.M., (2000) 3-MCPD: Induction of micronuclei in the bone-marrow of treated rats. Unpublished report No. 1863/2-D5140 from Covance Laboratories Report
62. Fellows, M., 2000, 3-MCPD: Measurement of unscheduled DNA synthesis in rat liver using an *in vitro/in vivo* procedure, Unpublished report No. 1863/1-D5140 from Covance Laboratories
63. Hamlet, C., Jayaratne, S., Morrison, C. (2005) Processing contaminants in bread from bread making machines. Food Standards Agency (UK).
64. Breitling-Utzmann, C. M., Hrenn, H., Haase, N. U., Unbehend, G. M. (2005). Influence of dough ingredients on 3-chloropropane-1,2-diol (3-MCPD) formation in toast. *Food Additives and Contaminants*. 22(2), 97-103.
65. Hamlet, C.G, Sadd, P.A., Gray, D. A., (2004a) Generation of monochloropropediols (MCPDs) in model dough systems.1. Leavened doughs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:2059 – 2066.
66. Crews C, Hasnip S, Hamlet C, Sadd P, Baxter D, Slaiding I, Muller R, Velisek J, Dolezal M, (2005), The Origin and Formation of 3-MCPD in Foods and Food Ingredients, Food Standards Agency UK
67. IFST (2003) <http://www.ifst.org/hottop37.html>
68. Dolezal, M, Chaloupska, M et al Occurrence of 3-chloropropane-1,2-diol and its esters in coffee, *European Food Research Technology* (2005) 221, 221-225
69. Xiaomin, X. et al The simultaneous separation and determination of chloropropanols in soy sauce and other flavourings with gas chromatography-mass spectrometry in negative chemical and electron impact ionisation modes. *Food Additives and Contaminants*, February 2006; 23 (2): 110-119
70. Davidek, J. et al Glycerol chlorohydrins and their esters as products of the hydrolysis of tripalmitin, tristaerin and triolein with hydrochloric acid, *Z Lebensm,Unters. Forsch* 1980 171:14-17
71. Svejkovska, B. et al, Esters of 3-chloropropane-1,2-diol in foodstuffs, *Czech J. Food Science* 2004, 22 No.5: 190-196
72. Huang, M. et al Determination of 3-chloropropane-1,2-diol in Liquid Hydrolyzed Vegetable Proteins and Soy Sauce by Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography/Mass Spectrometry, *Anal. Sciences* 2005, 21: 1343-1347
73. 3-Monochloropropanediol (3-MCPD) in smoked meat products – Chemical and veterinary Testing Office (CVUA) Stuttgart, 2006,
74. Kwok Onn Wong, Yock Hwa Cheong, Huay Leng Seah, 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in soy and oyster sauces: Occurrence and dietary intake assessment, *Food Control* 17 (2006) 408 – 413
75. Blanka Svejkovska, Marek Dolezal and Jan Valisek - Formation and Decomposition of 3-chloropropane-1,2-diol esters in models simulating processed foods, *Czech J. Food Sci* 24 (2006) No.4 172- 179
76. Food Standards Australia New Zealand: *Chloropropanols in food, an analysis of the public health risk*. Technical Report Series, No. No. 15 (2003)
77. Thailand: Proposed draft maximum level for 3-MCPD in liquid condiments containing HVPs: comments from Thailand. (2005) Available at: <http://www.aseanfoodsafetynetwork.net/CodexIssueDetail.php?Iid=94>
78. International Hydrolyzed Protein Council: Comments received in response to CL 2004/9-FAC. (2004) Available at: ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac37/fa37_31e.pdf

79. Association Internationale des Industries de Bouillons et Potages and Federation des Associations de L'industrie des Bouillons et Potages de la CEE: Comments submitted in response to CL 2004/9-FAC. (2004) Available at: ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac37/fa37_31e.pdf
80. Joint FAO/WHO expert Committee on Food Additives, Sixty-seventh meeting, Rome, 20-29 June 2006, Summary and Conclusions issued 7 July 2006. (Andy Grimes comment)
81. Canadian Food Inspection Agency, 2004-2005 Survey of Imported Soy Sauces for 3-MCPD and 1,3-DCP, (unpublished data)
82. CX/FAC 06/38/32 – Add. 1, April 2006
83. ALINORM 05/28/41, paragraph 103,104
84. COM/01/S2: Statement on the mutagenicity of 1,3-Dichloropropan-2-ol (1,3-DCP) and 2,3-Dichloropropan-1-ol (2,3-DCP), COT/COC/COM 2001 Annual Report, Pages 111-114
85. COM/04/S1: Statement on the mutagenicity of 2,3-Dichloropropan-1-ol, COT/COC/COM 2004, Annual Report, Pages 148-151
86. US EPA IRIS (No. 0465): <http://www.epa.gov/iris/subst/0465.htm>
87. Omura M, Hirata M, Zhao M, Tanaka A, Inoue N. Comparative testicular toxicities of two isomers of dichloropropanol, 2,3-dichloro-1-propanol, and 1,3-dichloro-2-propanol, and their metabolites alpha-chlorohydrin and epichlorohydrin and the potent testicular toxicant 1,2-dibromo-3-chloropropane. Bull Environ Contam Toxicol . 1995;55:1–7
88. ALINORM 05/28/3A, paragraph 16