

# 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 14 e) de l'ordre du jour

CX/FAC 06/38/33  
Novembre 2005

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

Trente-huitième session

La Haye (Pays-Bas), 24 - 28 avril 2006

### DOCUMENT DE TRAVAIL SUR LES PRODUITS CONTENANT DES PVHA ET D'AUTRES PRODUITS CONTENANT DES CHLOROPROPANOLS

#### HISTORIQUE

1. À sa trente-septième session, le Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants (CCFAC) est convenu qu'un groupe de travail électronique présidé par le Royaume-Uni auquel participeraient l'Allemagne, l'Australie, le Canada, la Chine, la Communauté européenne, la Corée, les États-Unis d'Amérique, le Japon, les Philippines, la Thaïlande et l'International Hydrolyzed Protein Council (IHPC) préparerait un document de travail mis à jour sur les produits contenant des protéines végétales obtenues par hydrolyse acide (PVHA) et les produits contenant des chloropropanols.<sup>48</sup> Le document définirait les produits contenant des PVHA et rassemblerait des données sur les autres produits qui contiennent du 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD). Le Comité a aussi décidé de demander au Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (JECFA) de réaliser une évaluation de l'exposition pour les chloropropanols de toutes origines.<sup>49</sup>

2. Une limite maximale pour le 3-MCPD a été examinée pour adoption à l'étape 3 lors de la trente-septième session. Après de longs débats sur différentes limites maximales et afin de dégager un consensus, le Comité est convenu d'utiliser comme point de départ la limite maximale de 0,4 mg/kg pour le 3-MCPD dans les condiments liquides contenant des PVHA (à l'exception de la sauce de soja obtenue par fermentation naturelle).<sup>50</sup> Face à la nécessité de mieux définir les produits pour lesquels des limites maximales doivent être établies, le Comité est convenu que le document de travail définirait les différents produits contenant des PVHA et présenterait des informations sur les autres produits contenant du 3-MCPD.<sup>49</sup>

3. Le 3-MCPD appartient à une famille de composés apparentés connus sous le nom de chloropropanols. Il est aussi connu comme chlorhydrate de butylène, chlorhydrate de glycérol, 3-chloropropane-1,2-diol et 1-chloropropane-2,3-dihydroxypropane.<sup>8</sup>

4. Le 3-MCPD a été à l'origine identifié comme un contaminant de l'ingrédient salé PVHA<sup>1</sup>, qui est produit par le traitement des protéines végétales, comme les graines de soja avec de l'acide chlorhydrique. Le PVHA étant couramment utilisé, le 3-MCPD a été observé dans de nombreux autres aliments et ingrédients alimentaires, en particulier dans la sauce de soja.<sup>9,10,11,12,14,15,16,17</sup>

5. La présence de 3-MCPD dans la sauce de soja dérivée de PVHA semble provenir de PVHA contaminés, ajoutés comme ingrédients dans des concentrations pouvant aller jusqu'à 20 pour cent<sup>47</sup>, ou de l'utilisation *in situ* de l'hydrolyse acide durant le processus de fabrication.<sup>29</sup>

6. Le 3-MCPD peut aussi se former lorsque des aliments, tels que les produits à base de céréales, subissent un traitement thermique comme la cuisson, le grillage ou le toasting.<sup>36</sup> Ces aliments n'utilisent pas de PVHA ou de produits dérivés comme ingrédients et un mécanisme différent de formation du 3-MCPD a été proposé récemment. De nombreux aliments contiennent du 3-MCPD et d'autres chloropropanols en faibles concentrations qui sont dues à certaines conditions de transformation ou d'entreposage.<sup>5</sup>

7. Il existe une méthode validée de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CG-SM) capable de détecter le 3-MCPD dans les aliments et les ingrédients alimentaires à une concentration aussi basse que 0,01 mg/kg. Cette méthode a été retenue comme première méthode d'action par l'Association des chimistes analytiques officiels (AOAC).<sup>18</sup>

### 3-MCPD

#### Toxicologie

8. Le JECFA a résumé les données disponibles sur la toxicologie, le pouvoir mutagène et le pouvoir cancérigène du 3-MCPD en 2001.<sup>29</sup>

9. Le 3-MCPD a été analysé dans des études de toxicité à court et long termes. Chez les rats et les souris, le principal organe visé par la toxicité est le rein. Les effets observés dans le rein sont des nécroses focales des tubules, la régénération et la dilatation des tubules.<sup>19</sup> Des effets sur les voies génitales et la fertilité ont aussi été observés pour le 3-MCPD, des doses orales de 15 mg/kg poids corporel/jour pendant 14 jours entraînant l'infertilité des rats mâles.<sup>20</sup>

10. Des études ont montré que le 3-MCPD a une activité mutagène *in vitro*.<sup>54,55,56,57,58,59,66</sup> Cependant, le JECFA a estimé que les observations dans les études bactériologiques utilisaient des doses extrêmement élevées, qui ne seraient pas recommandées aujourd'hui pour les tests standards de mutagénicité et que les résultats positifs obtenus dans les tests avec des cellules de levure et de mammifère de culture étaient aussi compromis par les conditions dans lesquelles ils ont été réalisés, notamment des doses excessives, qui en réduisaient gravement la validité. Des résultats négatifs ont été observés dans un essai du micronoyau de moelle osseuse chez les rats et dans un essai de synthèse d'ADN non programmée du foie du rat.<sup>61,62</sup>

11. Selon une étude de cancérogénicité de deux ans sur le rat, le traitement par l'eau de boisson était associé à une augmentation liée à la dose de l'incidence de l'hyperplasie et de tumeurs bénignes du rein et de tumeurs malignes de la glande mammaire chez les mâles.<sup>35</sup> Des tumeurs de cellules interstitielles dans le testicule étaient aussi observées avec une incidence accrue chez les rats mâles traités. Le JECFA a estimé que cette conclusion était équivoque car il s'agit d'observations communes, d'incidence variable et associées à la vieillesse chez les rats Fischer 344. L'hyperplasie rénale n'était pas associée à des néphrites progressives chroniques observées aussi chez ces animaux et était considérée comme représentant une lésion unique liée au traitement et un précurseur de néoplasie des tubules.

12. Il n'y a pas d'études épidémiologiques ou cliniques disponibles chez l'homme.<sup>23</sup>

#### Évaluation du risque

13. À sa cinquante-septième session, le JECFA a examiné le 3-MCPD et le 1,3-dichloro-2-propanol (1,3-DCP), en juin 2001.<sup>29</sup> Le Comité a fixé la dose journalière maximale tolérable provisoire (DJMTP) du 3-MCPD à 2 µg/kg de poids corporel sur la base de la concentration minimale avec effet observé (CMEO) et d'un facteur de sécurité de 500. Le facteur de sécurité incluait un facteur de 5 pour l'extrapolation d'une CMEO à une concentration sans effet observé (CSEO) et était considéré comme suffisant pour tenir compte des effets sur la fertilité des mâles et des insuffisances dans les données sur la toxicité pour la reproduction.

### 1,3-DCP

#### Toxicologie

14. Les données disponibles sur la toxicologie, la mutagénicité et la cancérogénicité du 1,3-DCP ont été résumées par le JECFA en 2001.<sup>32</sup>

15. Des nécroses hépatocellulaires, la dégénération des tubules du rein et l'érosion de la muqueuse du tractus gastro-intestinal ont été observées après traitement de rats avec 1,3-DCP, à 140 et 290 mg/kg de poids corporel par injection intrapéritonéale.<sup>21</sup> Le 1,3-DCP a montré être mutagène dans des essais *in vitro* de mutagenicité bactériologique et mammifère, et négatif dans le test à la touche de l'aile dans *Drosophila melanogaster* (un test de recombinaison et de mutation somatique). Une étude de cancérogénicité de 104 semaines chez des rats Wistar a montré un effet cancérogène de 1,3-DCP sur le foie, le rein, l'épithélium oral et la langue, et la glande thyroïde, principalement aux doses les plus fortes administrées (19 et 30 mg/kg de poids corporel/jour pour les mâles et les femelles, respectivement). Des effets hépatotoxiques étaient évidents à des doses (2,1 et 3,4 mg/kg de poids corporel/jour pour les mâles et les femelles, respectivement) inférieures à celles produisant un accroissement important des carcinomes et des adénomes hépatocellulaires combinés (6,3 et 9,6 mg/kg de poids corporel/jour pour les mâles et les femelles, respectivement).

16. Depuis l'évaluation du JECFA, deux nouvelles études de génotoxicité *in vivo*, un test du micronoyau de moelle osseuse du rat et un essai de synthèse d'ADN non programmée du foie du rat ont été présentées et toutes deux étaient négatives.<sup>22</sup>

### Évaluation du risque

17. À sa cinquante-septième session, le JECFA a conclu que le 1,3-DCP était hépatotoxique, induisait des tumeurs diverses dans différents organes chez le rat, et était génotoxique *in vitro*. En 2001, le JECFA a estimé qu'il était inapproprié d'établir une dose tolérable étant donné l'accroissement significatif de l'incidence des néoplasmes bénins et malins dans au moins trois tissus indépendants et la preuve non équivoque que le 1,3-DCP interagit avec les chromosomes ou l'ADN dans les systèmes bactériens ou mammifères *in vitro*.<sup>29</sup>

18. Le Comité du Royaume-Uni sur la mutagenicité (COM) et le Comité du Royaume-Uni sur la cancérogénicité (COC) ont examiné le 1,3-DCP en 2003 et en 2004, respectivement, à la suite de la publication des résultats du test *in vivo* du micronoyau de moelle osseuse du rat et de l'essai de synthèse d'ADN non programmée du foie du rat. Le Comité sur la mutagenicité a conclu que le 1,3-DCP n'était pas génotoxique *in vivo* dans les tissus testés. En revanche, le Comité sur la cancérogénicité a conclu que le 1,3-DCP devrait être considéré comme un cancérogène génotoxique, car il n'était pas possible d'exclure que l'induction des tumeurs de la langue chez le rat observées dans l'étude de cancérogénicité de deux ans était due à un mécanisme génotoxique.<sup>24</sup> Le Comité a aussi recommandé de poursuivre les recherches sur les mécanismes de la cancérogénicité du 1,3-DCP *in vivo*.

19. Les sauces de soja dont les teneurs en 3-MCPD sont élevées peuvent aussi contenir du 1,3-DCP.<sup>13,16,17</sup> Dans le cadre des données rassemblées par la Coopération scientifique sur des questions relatives aux aliments de la Communauté européenne (SCOOP),<sup>42</sup> 282 échantillons de sauce de soja ont été analysés pour rechercher la présence de 3-MCPD et de 1,3-DCP. Environ 20 pour cent de ces échantillons contenaient du 3-MCPD et du 1,3-DCP en concentrations quantifiables. Aucun échantillon ne contenait de 1,3-DCP en l'absence de 3-MCPD. Les concentrations de 1,3-DCP étaient toujours inférieures à celles de 3-MCPD dans le même échantillon. Dans son rapport, le SCOOP estimait que le rapport entre les concentrations de 3-MCPD et de 1,3-DCP n'était pas convergent et qu'aucune corrélation ne pouvait être proposée. Les conclusions de la SCOOP ne paraissent pas totalement cohérentes avec celles du JECFA qui a examiné les données disponibles et conclu dans son rapport que celles-ci suggèrent que le 1,3-DCP « est associé à de fortes concentrations de 3-chloro-1, 2-propanediol dans les aliments » et qu'un « mécanisme de réglementation sur ce dernier permettrait par conséquent d'éviter de pratiquer les contrôles spécifiques du 1,3-dichloro-2-propanol ».

20. Les données recueillies lors d'une enquête menée aux États-Unis sur les chloropropanols dans les sauces de soja et produits apparentés<sup>47</sup> montrent que les sauces de soja et produits apparentés dont la concentration de 3-MCPD est supérieure à 10 mg/kg pourraient contenir des concentrations de 1,3-DCP allant approximativement de 0,250 à 10 mg/kg. Le rapport entre les concentrations de 3-MCPD et de 1,3-DCP était variable, ce qui indique qu'il n'y a pas de corrélation étroite entre le 3-MCPD et le 1,3-DCP ( $r^2 = 0.7346$ ); des tendances apparentes sont toutefois évidentes.

21. Le 1,3-DCP a été détecté en l'absence de 3-MCPD dans une enquête sur les produits carnés vendus au détail menée en Australie et en Nouvelle-Zélande, ce qui indique que le 1,3-DCP peut se former indépendamment du 3-MCPD.<sup>8</sup> Toutefois le Royaume-Uni n'a pas observé de quantités détectables de 1,3-DCP dans les échantillons de produits carnés crus ou cuits vendus au détail.

22. Ces résultats indiquent que le contrôle du 3-MCPD ne permet peut-être pas de maîtriser la formation du 1,3-DCP et que la surveillance est nécessaire pour garantir que les teneurs en 1,3-DCP sont aussi basses que raisonnablement possible.

## **2,3-DCP**

### **Toxicologie**

23. Il existe très peu de données sur le 2,3-dichloro-1-propanol. En revanche, il y a des signaux d'alerte d'ordre structurel de génotoxicité et de cancérogénicité car le 2,3-DCP pourrait en théorie être métabolisé en épichlorohydrine (et ensuite en glycidol).

24. Des données limitées de mutagénicité *in vitro* indiquent que le 2,3-DCP est génotoxique avec ou sans activation métabolique dans les cellules bactériennes et mammifères. Les essais *in vivo* publiés récemment, l'un du micronoyau de moelle osseuse chez le rat et l'autre de synthèse d'ADN non programmée du foie du rat, étaient négatifs.<sup>22</sup>

25. Il n'y a pas d'études de cancérogénicité appropriées du 2,3-DCP disponibles.

### **Évaluation du risque**

26. Les données disponibles sur la toxicité du 2,3-DCP sont insuffisantes pour faire une évaluation valable du risque.

27. Le JECFA n'a pas examiné le 2,3-dichloro-1-propanol auparavant. Cependant, le Comité du Royaume-Uni sur la mutagénicité a examiné le 2,3-DCP en mai 2004 et conclu qu'il n'y avait pas de potentiel génotoxique important *in vivo* dans les tissus évalués (c'est-à-dire, moelle osseuse et foie chez le rat).<sup>25</sup> Le Comité du Royaume-Uni sur la cancérogénicité a estimé qu'aucune conclusion ne pouvait être dégagée quant à la cancérogénicité du 2,3-DCP.

## **VOIES DE FORMATION DU 3-MCPD**

### **1) Hydrolyse acide**

28. Commercialement, l'hydrolyse s'effectue à l'aide d'acide hydrochlorique 4-6M à 100°C-130°C pendant 4-24 heures, suivie par neutralisation avec hydroxyde de sodium.<sup>27</sup> Le 3-MCPD est formé durant ce processus à partir 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, dans les matières premières sont les principaux précurseurs des chloropropanols.<sup>2,4</sup> Les matières premières sont notamment la farine de soja, le tourteau de soja, le blé (y compris le gluten du blé), la farine de maïs et de colza (canola) et la pomme de terre.<sup>27,4</sup>

### **2) Traitement thermique (d'origine autre que PVH)**

29. Le 3-MCPD est présent aussi en l'absence de PVHA. Il semble se former à partir des lipides et du chlorure de sodium, (présent naturellement ou ajouté), durant des procédés courants de fabrications, tels que la cuisson et le grillage. On pense que les phospholipides ou le glycérol sont les principaux précurseurs du 3-MCPD dans les aliments tels que le pain, les produits de boulangerie et le malt. La teneur en eau des aliments a une incidence sur le processus, le glycérol paraissant être le principal précurseur dans les aliments avec une faible teneur en eau (<15%), et d'autres précurseurs, comme la lécithine, pour des aliments à teneur en eau plus élevée. Les monoesters ou les diesters d'acides gras de 3-MCPD peuvent aussi être présents, ce qui risque d'être une source supplémentaire de 3-MCPD.<sup>5</sup>

30. La quantité de glycérol disponible pour conversion en 3-MCPD est fonction des ingrédients crus et des conditions avant le traitement. Par exemple, les composants des grains d'orge ou de blé sont suffisants pour promouvoir la synthèse de 3-MCPD. Toutefois, la teneur en glycérol de la pâte dépend de l'âge de la farine (fraîche ou entreposée), de la quantité de levure ajoutée et du temps de fermentation.<sup>5</sup>

31. Les principaux facteurs ayant une incidence sur la formation du 3-MCPD sont la température et le pH. Le 3-MCPD est formé à des températures supérieures à 170°C et est instable lorsque le pH est supérieur à 6,0. En fait, le bicarbonate de sodium, entre autres facteurs, semble gêner la formation, ou accélérer la dégradation, du 3-MCPD dans les systèmes modèles.<sup>5</sup> Il convient cependant de noter que la hausse du pH dans les pains modèles réduisait la concentration de 3-MCPD mais provoquait une augmentation de l'acrylamide.<sup>6</sup>

32. Les additifs peuvent aussi contribuer à la teneur en 3-MCPD. Par exemple, l'ajout d'un améliorant de la farine, les esters glycéroliques de l'acide diacétyltartrique et d'acides gras (DATEM), à la pâte peut accroître la quantité de 3-MCPD dans le produit final.<sup>5</sup>

### 3) Épichlorohydrine

33. Le 3-MCPD peut migrer de certains types de résines résistantes à l'humidité à base d'épichlorohydrine utilisées pour les emballages de papier et de cellulose, comme par exemple les boyaux de saucisse, les sachets de thé et le papier filtre pour le café. La Directive 2002/72/CE de la Commission européenne est entrée en vigueur en 2002 et fixe une teneur maximale autorisée de 1 mg/kg<sup>3</sup> d'épichlorohydrine 'résiduelle' dans le matériau fini de sorte que le 3-MCPD présent dans les aliments résultant du contact avec des boyaux ou emballages devrait être minimal dans les aliments produits dans l'Union européenne.

## PRÉSENCE DES CHLOROPROPANOLS DANS LES ALIMENTS TRAITÉS THERMIQUEMENT

### Produits céréaliers

#### *Pains et produits de boulangerie*

34. Le 3-MCPD peut être observé dans le pain et les produits à base de céréales. Les concentrations les plus fortes de 3-MCPD semblent se trouver dans les biscuits épicés, suivis par les doughnuts, le pain et les biscuits sucrés.<sup>36</sup> Des concentrations de 3-MCPD allant jusqu'à 0,2 mg/kg ont été relevées dans les gâteaux.<sup>42</sup>

35. De récentes recherches financées par la Food Standards Agency du Royaume-Uni ont montré la formation de 3-MCPD dans le pain avec des teneurs allant jusqu'à 0,1 mg/kg.<sup>63</sup> Une étude sur le pain grillé a observé la formation de 3-MCPD avec des concentrations pouvant atteindre 1 mg/kg.<sup>30</sup> De fait, pour les aliments, à l'exception de la sauce de soja et des PVHA, c'est dans le pain grillé que l'on rencontre la teneur moyenne en 3-MCPD la plus élevée.<sup>31</sup>

36. Le 3-MCPD a aussi été signalé dans la chapelure commerciale utilisée pour enrobage avec une teneur de 0,014 mg/kg<sup>42</sup>.

#### *Malt*

37. Le 3-MCPD a été observé dans les malts, les farines et les extraits de malt.<sup>10,11</sup> Des concentrations atteignant 0,8 mg/kg ont été signalées pour le malt.<sup>42</sup>

#### *Pâtes à frire*

38. Les pâtes à frire produites en laboratoire peuvent engendrer des teneurs de 0,1 mg/kg de 3-MCPD, mais les quelques pâtes à frire commerciales analysées ne semblaient pas contenir de 3-MCPD décelable à la friture.<sup>7,42</sup> Certains produits enrobés de pâte à frire peuvent toutefois contenir du 3-MCPD car on a observé une concentration de 0,009 mg/kg 3-MCPD dans un échantillon de filets de poissons enrobés de pâte à frire et frits.<sup>42</sup>

### Viande et poisson

39. Rien ne permet de penser qu'il y ait formation directe de 3-MCPD durant la fabrication du salami mais celui-ci peut contenir de fortes concentrations d'esters de 3-MCPD, une source potentielle de 3-MCPD.<sup>5</sup> Cependant, des teneurs en 3-MCPD pouvant atteindre 0,1 mg/kg ont été observées dans des échantillons de salami.<sup>42</sup> Celles-ci peuvent provenir de l'épichlorohydrine se trouvant dans l'enrobage du salami car les échantillons contenant du 3-MCPD ont été prélevés avant l'entrée en vigueur de la Directive 2002/72/CE<sup>3</sup>.

40. La teneur en 3-MCPD dans le poisson fumé augmente avec la durée du fumage, bien qu'aucune corrélation analogue n'existe pour le bacon fumé. Dans les kippers, une augmentation de la concentration de la solution utilisée pour le saumurage entraînait une hausse de la teneur en 3-MCPD du produit.<sup>5</sup>

41. Dans des produits comme le bacon salé, les teneurs en 3-MCPD augmentaient à la cuisson. Dans les produits salés à basse température comme les anchois, les données disponibles suggèrent que les enzymes viscérales du poisson interviennent, soit en libérant le 3-MCPD des esters soit dans la synthèse directe du 3-MCPD à partir du glycérol et/ou des glycérides.<sup>5</sup>

42. De faibles concentrations de 3-MCPD et de 1,3-DCP ont été observées dans le bœuf haché, le jambon et la chair à saucisse cuits. Mais le 1,3-DCP a aussi été observé dans le bœuf haché, le jambon et la chair à saucisse crus, en l'absence de 3-MCPD.<sup>8</sup> Le mécanisme d'une telle formation n'est pas connu.<sup>44</sup>

### **Fromage**

43. Le 3-MCPD a été observé dans certains échantillons de fromage fondu, de produits de remplacement du fromage, de Feta et de Parmesan. Certains fromages contiennent aussi des quantités importantes d'esters de 3-MCPD<sup>5</sup>; ce qui, dans certains cas, pourrait s'expliquer par la migration du 3-MCPD des enveloppes de papier ou de cellulose.

44. Certains fromages, lorsqu'ils sont grillés, montrent une teneur en 3-MCPD beaucoup plus élevée qui peut atteindre 0,1 mg/kg. La cuisine par micro-ondes peut aussi produire des concentrations élevées de 3-MCPD dans certains fromages.<sup>7</sup>

45. On trouvera au tableau 1 une liste des produits et ingrédients identifiés comme contenant du 3-MCPD.<sup>42</sup> Ces produits ne semblent pas contenir de PVHA, ce qui laisse penser que les 3-MCPD ont une autre origine. Les teneurs maximales observées dans ces produits ont été incluses.

**Tableau 1: Produits pouvant contenir du 3-MCPD qui ne provient pas de PVHA**

	Classification des aliments du Codex	Fourchette du 3-MCPD (quantifiable, mg/kg)	Nombre dans l'échantillon	Nombre quantifiable
1.6	Fromages	0,02 – 0,1	123	12
2.2	Émulsions grasses essentiellement du type eau dans huile (comprend pâtes à tartiner, beurres, margarine)	0,006 - 0,01	12	1
5.2	Confiseries à base de sucre, y compris confiseries dures et tendres, nougats etc.	0,020 - 0,023	15	2
6.2	Farines et amidons	0,014 - 0,029	11	4
6.3	Céréales pour petit déjeuner	0,07	45	1
7.1.1	Pains et petits pains	0,001 – 0,57	966	524
7.1.2	Crackers à l'exclusion des crackers sucrés	0,01 – 0,26	166	112
7.1.3	Produits à base de céréales cuits	0,011 – 0,11	59	40
7.1.4	Produits apparentés au pain, y compris farces à base de pain et chapelure	0,01 – 0,15	20	8
7.2.3	Autres produits de boulangerie fine y compris doughnuts, scones et muffins	0,01 – 0,11	98	44
7.2.1	Gâteaux, biscuits et tartes (par exemple, fourrés aux fruits ou à la crème)	0,01 – 0,21	98	25
7.2.2	Biscuits	0,01 – 0,28	460	196
8.1	Viande fraîche, en pièces entières ou en morceaux ou coupée fin ou hachée	0,006 – 1,9	106	19
8.2	Viande transformée en pièces entières ou en morceaux	0,005 – 0,10	109	30
8.3	Viande transformée coupée fin ou hachée	0,007 – 1,8	158	58
21	Extrait de viande	0,014 – 0,55	16	5
9.4	Poisson et produits de la pêche en conserve, y compris mollusques, crustacés et échinodermes	0,012 – 0,19	18	8
13.3, 13.4, 13.5	Aliments diététiques et préparations	0,01 – 0,41	33	14
14.1.5	Café et succédanés, thés, infusions, et autres boissons chaudes à base de céréales ou de grains, à l'exclusion du cacao	0,01 – 0,38	58	27
14.2.1	Bière et boissons maltées	0,003 – 0,02	104	8
15.1	Amuse-gueules y compris pommes chips	0,01 - 0,04	60	7
22.2	Extrait de malt	0,005 – 0,85	31	17
23	Dextrines d'amidon modifiées	0,012 – 0,49	9	2
26	Autres ingrédients	0,019 - 0,025	11	2
dont	Aromatisants	0,025	2	1
16	Aliments composés	0,004 – 0,11	113	36
dont	Pizza	0,004 - 0,09	83	31

## PRÉSENCE DE 3-MCPD DANS LES ALIMENTS CONTENANT DES PVHA

### PVHA

46. La protéine végétale hydrolysée est un aromatisant salé produit par hydrolyse des sources de protéine comme la farine de soja, le blé ou le maïs. En général, l'hydrolyse se fait à l'aide d'un acide, souvent de l'acide chlorohydrique.<sup>27</sup>

47. Le document CX/FAC/37/32 (Document de travail sur les chloropropanols) a suscité des observations de la part du Japon, qui a présenté des données sur la production de PVHA et de sauce de soja. Des PVHA, fabriquées selon des méthodes qui font appel à un contrôle efficace (PVHA-C) et d'autres méthodes (PVHA-NC) ont été analysées. Les concentrations de 3-MCPD étaient nettement inférieures pour les PVHA-C que pour les PVHA-NC (moyennes de 0,047 mg/kg et 8,4 mg/kg respectivement). Le Japon continue ses recherches sur les teneurs en 3-MCPD et 1,3-DCP dans PVHA-NC afin de maîtriser les concentrations de ces substances dans les produits finis.

### Sauce de soja

48. Il existe divers procédés de fabrication de la sauce de soja, y compris la fermentation traditionnelle et les procédés qui font appel à l'acide ou qui contiennent les PVHA comme ingrédients. On sait que ces traitements à l'acide peuvent engendrer la formation de chloropropanols, faute d'un contrôle efficace des conditions de transformation.

49. De façon générale, il est peu probable que les sauces de soja fermentées contiennent du 3-MCPD<sup>29</sup>, bien que l'ajout d'ingrédients comme des PVHA contaminées puisse entraîner la présence de 3-MCPD dans des produits décrits comme fermentés si la réglementation en matière d'étiquetage du pays concerné autorise l'utilisation de ces termes.

50. L'Union européenne a identifié plusieurs produits d'assaisonnement liquides similaires à la sauce de soja (comme la sauce de poisson, la sauce d'huîtres, la sauce aux champignons, les sauces d'assaisonnement des viandes etc.) qui peuvent contenir du 3-MCPD et autres chloropropanols, provenant soit de la transformation, soit de l'utilisation d'ingrédients transformés.<sup>42</sup>

51. Les données recueillies par le JECFA en 2001 montrent des concentrations de 3-MCPD supérieures à 1 mg/kg dans les PVHA et dans la sauce de soja. Dans chacun des ingrédients, les concentrations varient, depuis une concentration inférieure à la limite de quantification (0,01 mg/kg) jusqu'à 100 mg/kg dans certains échantillons de PVHA, et plus de 300 mg/kg dans certains échantillons de sauce de soja.<sup>29</sup>

52. Le Canada procède à une enquête à l'échelon national sur la présence de 3-MCPD dans des sauces diverses de soja, de champignons et d'huître. En 2004-2005, 45 échantillons de sauces de soja importées ont été analysés pour leur teneur en 3-MCPD et en 1,3-DCP. Les échantillons comprenaient des sauces de soja commercialisées sous diverses dénominations telles que nature, végétarienne, assaisonnement, huître, claire ou foncée. Dans 33 échantillons il n'a pas été décelé de 3-MCPD. Dans 3 autres échantillons, la teneur en 3-MCPD était supérieure à la limite de détection mais inférieure à la limite maximale en vigueur au Canada, c'est-à-dire, 1 mg/kg (entre 0,02 et 0,63 mg/kg). À de telles concentrations de 3-MCPD, le chloropropanol 1,3-DCP n'était pas observé.

53. Des concentrations de 3-MCPD dépassant 1 mg/kg ont été observées dans neuf échantillons, avec des valeurs se situant entre 2,97 et 812 mg/kg (moyenne, 194,25 mg/kg). Huit de ces échantillons contenaient aussi du 1,3-DCP avec, pour deux d'entre eux, des concentrations très élevées. Comme indiqué plus haut, il n'était pas détecté de 1,3-DCP (limite de détection = 5 ppb) dans les échantillons contenant moins de 1 mg de 3-MCPD/kg (sur une base liquide). Le pays d'origine était un facteur davantage convergent dans les sauces contaminées que d'autres variables comme le type de sauce ou le fait que la sauce était ou non fermentée.

54. Le Tableau 2 présente une liste de produits identifiés comme contenant des teneurs quantifiables de 3-MCPD. Il est probable que ce 3-MCPD provient des PVHA dans le produit, qui ont été ajoutées ou formées *in situ*.



**Tableau 2: Produits pouvant contenir des protéines végétales obtenues par hydrolyse acide**

	Classification des aliments du Codex	Fourchette du 3-MCPD (quantifiable, mg/kg)	Nombre dans l'échantillon	Nombre quantifiable
	<b>2.3. – Émulsions grasses autres que 2.2.</b>	0,006 - 1,5	19	12
Inclut	Huile pour nouilles instantanées	0,013 - 1,5	19	12
	<b>4.2.2.2. – Légumes séchés</b>	0,011 - 0,69	33	28
Inclut	Ail – agglutiné	0,020 - 0,69	6	6
	Ail granulé	0,024 - 0,34	5	5
	Ail en poudre	0,028 - 0,03	2	2
	Oignon granulé	0,016 - 0,02	2	2
	<b>6.4. – Pâtes et nouilles et produits similaires</b>	0,011 - 300	157	52
Inclut	Nouilles instantanées (pas les soupes de nouilles)	0,011 - 300	157	52
	<b>12.2. – Fines herbes, épices, assaisonnements et condiments</b>	0,002 - 8,5	252	184
Inclut	Mélange d'épices (dont porc) (si données disponibles).	0,01 - 8,5	11	5
	Assaisonnements pour nouilles instantanées (si données disponibles).	0,01 - 5,3	185	143
	Bouillon déshydraté (si données disponibles).	0,01 - 0,45	11	7
	<b>12.5.2. – Préparations pour potages et bouillons</b>	0,002 - 0,20	87	47
	<b>12.6.2. – Sauces émulsionnées</b>	0,01 - 51	108	5
	<b>12.6.3. – Préparations pour sauces et sauces au jus de viande</b>	0,012 - 0,44	40	13
Inclut	Sauce au soja en poudre	0,088 - 0,44	2	2
	Sauce au curry en poudre	0,04	1	1
	Sauce au jus de viande en poudre	0,01	1	1
	<b>12.6.4. – Sauce de soja/produits à base de sauce de soja (si données disponibles).</b>	0,001 - 1779	3368	1169
	12.6.4.1. – Sauces émulsionnées	0,017 - 2,0	22	5
Inclut	Marinade pour volaille	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 et champignons	0,013 - 108	175	104
	12.6.4.7. – Sauce d'huîtres	0,014 - 8,8	139	33
	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 à la crevette	0,025 - 20	8	4
	12.6.4.13 – Sauce de soja	0,006 - 1015	1085	431
Inclut	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 claire	0,011 - 11	37	8
	12.6.4.18. – Sauce d'huîtres végétarienne	0,028 - 4,0	5	2
	<b>12.6 – Sauces et produits similaires (divers)</b>	0,002 - 17	294	85
Inclut	Huile pour grillade (si données disponibles).	0,093 - 0,16	8	4
	<b>15.1 – Amuse-gueules y compris pommes chips.</b>	0,01 - 0,04	60	7
	<b>16 – Aliments composites</b>	0,004 - 0,11	113	36
Inclut	Hamburger sans viande	0,011	2	1
	<b>20.0. – PVH</b>	0,01 - 1,0	99	37

<sup>a</sup> Types de sauce de soja incluses: 12.6.4.2, 12.6.4.4, 12.6.4.6, 12.6.4.8, 12.6.4.12, 12.6.4.13, 12.6.4.16, 12.6.4.17

## EXPOSITION AUX CHLOROPROPANOLS DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE

55. Des observations ont été formulées en réponse à la lettre circulaire CL 2004/9-FAC, Concentrations maximales pour le 3-MCPD (Chloropropanol) dans les protéines végétales obtenues par hydrolyse acide (PVHA) et les produits contenant des PVHA. 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), ont fourni des estimations de l'apport moyen de 3-MCPD dû à la consommation de PVHA. Les résultats montraient des doses journalières de moins de 2µg/kg de poids corporel pour des concentrations de 3-MCPD atteignant 1mg/kg dans les PVHA. L'International Hydrolysed Protein Council (IHPC) a présenté des estimations sur la base du niveau élevé de consommation (Japon) de sauce de soja. (Ces estimations ne tiennent pas compte de l'ingestion d'origine alimentaire due à d'autres sources de chloropropanols, par exemple les aliments figurant aux tableaux 1 et 2). Les résultats indiquaient que l'apport de 3-MCPD par les sauces de soja et les aliments salés représentant 1/8<sup>ème</sup> du régime alimentaire composé de PVHA contenant 0,4 mg/kg de 3-MCPD serait de 14µg/personne/jour pour le consommateur japonais moyen de sauces de soja (2µg des aliments salés et 12µg de la sauce de soja), et 26µg/personne/jour pour le consommateur de sauce de soja du 95<sup>ème</sup> percentile, (2µg provenant des aliments salés et 24µg de la sauce de soja). Par ailleurs, les données présentées par l'IHPC montraient que les 7/8 restant du régime alimentaire pouvaient contenir des concentrations de 3-MCPD de 0,071 mg/kg sans excéder la dose journalière tolérable maximale provisoire (DJTMP) pour le consommateur japonais au 95<sup>ème</sup> percentile de la consommation de sauce de soja.

56. Cependant, les faibles teneurs en 3-MCPD rencontrées dans des aliments dont la consommation est répandue et régulière, tels que le pain et d'autres produits céréaliers, peuvent contribuer considérablement à l'apport total par le régime alimentaire de 3-MCPD. L'exposition aux chloropropanols par ces aliments peut être plus importante que celle résultant des produits apparentés à la sauce de soja étant donné que, même si la concentration de 3-MCPD est relativement faible, ils sont consommés en grandes quantités. Les groupes vulnérables comprennent les enfants, pour qui la consommation est élevée par rapport au poids corporel. On estime que l'apport par le régime alimentaire peut-être pour les enfants plus de deux fois celui des adultes.<sup>42</sup>

### Une norme Codex pour la sauce de soja

57. À sa vingt-deuxième session, le Comité du Codex pour les fruits et légumes traités (CCPFV) est convenu qu'un avant-projet de norme du Codex pour la sauce de soja (CX/PFV 04/22/8) relevait davantage des compétences du Comité du Codex sur les céréales, les légumes secs et les légumineuses (CCCPL).<sup>43</sup>

58. À sa cinquante-cinquième session, le Comité exécutif a fait sienne cette recommandation étant entendu que le CCCPL, avant d'entreprendre des travaux, examinerait s'il est nécessaire d'élaborer une norme Codex pour la sauce de soja.<sup>53</sup>

59. À sa cinquante-sixième session, le Comité exécutif a recommandé d'interrompre l'activité, étant entendu qu'une telle décision n'empêcherait pas la Commission de revoir la question dans le futur et de réexaminer si le produit peut faire l'objet d'une norme.<sup>51</sup>

60. À sa vingt-huitième session, la Commission du Codex Alimentarius a décidé d'interrompre l'activité sur la sauce de soja.<sup>52</sup>

## RECOMMANDATIONS

61. Demander au JECFA d'effectuer une évaluation de l'exposition pour le 3-MCPD sur la base des contributions de tous les groupes d'aliments dans le régime alimentaire, en accordant une attention particulière aux groupes dont l'exposition aux 3-MCPD peut atteindre des niveaux élevés.

62. Demander au JECFA d'effectuer une évaluation de l'exposition afin de traiter le 1,3-DCP de façon distincte du 3-MCPD.

## RÉFÉRENCES

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. Directive 2002/72/CE. Relative aux matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les aliments, 6 août 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., Booer, 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](http://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/infosheet/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](http://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](http://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/infosheet/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*, 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](http://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](http://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](http://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](http://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-propaneoxide (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](http://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](http://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. Comité scientifique de l'alimentation (2001) Avis du Comité scientifique de l'alimentation sur le 3-monochloropropane -1,2-diol (3-MCPD) [europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out91\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out91_en.pdf)
29. Évaluation de certains additifs alimentaires et contaminants (cinquante-cinquième rapport du Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires). Série des rapports techniques de l'OMS, n° 909, 2002. [www.who.int/ipcs/publications/jecfa/en/](http://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](http://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-communications-01\\_24oct.htm](http://www.health.gov.au/internet/wcms/publishing.nsf/Content/foodsecretariat-communications-01_24oct.htm)

34. Agence canadienne d'inspection des aliments, Avis officiel à l'attention des associations/importateurs/fabricants, 9 décembre 1999, [www.inspection.gc.ca/english/corpaffr/newcom/1999/19991214noticee.shtml](http://www.inspection.gc.ca/english/corpaffr/newcom/1999/19991214noticee.shtml). Agence canadienne d'inspection des aliments, 24 mars 2000, [www.inspection.gc.ca/english/fssa/invenq/inform/20000324e.shtml](http://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. Règlement n° 466/2001 de la Commission européenne, portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal officiel de l'Union européenne*. 8 mars 2001. [http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/mcpd\\_en.htm](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. Comité de l'Organisation mondiale du commerce sur les mesures sanitaires et phytosanitaires. Notification des mesures d'urgence (26 juillet 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. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Comité du Codex sur les fruits et légumes traités, vingt-deuxième session, Avant-projet de norme Codex pour la sauce de soja (octobre 2004), CX PFV 04/22/08 [www.codexalimentarius.net/web/current.jsp?lang=en](http://www.codexalimentarius.net/web/current.jsp?lang=en)
42. Direction générale de la santé et de la protection des consommateurs de la Commission européenne, Rapport des experts participant à la tâche de coopération scientifique 3.2.9. « Collecte et classement des données sur les concentrations de 3-monochloropropanediol (3-MCPD) et autres substances connexes dans les produits alimentaires », juin 2004. [http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/mcpd\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/mcpd_en.htm)
43. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, Comité du Codex sur les fruits et légumes traités, Rapport de la vingt-deuxième session, 2004. ALINORM 05/28/27, [www.codexalimentarius.net/web/reports.jsp?lang=en](http://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](http://www.food.gov.uk/news/newsarchive/2004/may/chloropropanols)
45. Notification sur les mesures sanitaires et phytosanitaires du Comité de l'Organisation mondiale du commerce G/SPS/N/THA/88, 26 mars 2002.
46. Notification sur les mesures sanitaires et phytosanitaires du Comité de l'Organisation mondiale du commerce G/SPS/N/MYS/10, 26 juillet 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 05/28/12, paragraphe 183
49. ALINORM 05/28/12, paragraphe 189
50. ALINORM 05/28/12, paragraphe 188
51. ALINORM 05/28/3a, paragraphe 16
52. ALINORM 05/28/41, paragraphes 103 et 104
53. ALINORM 05/28/3, paragraphe 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 chlorohydrines 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).