

食品安全に関するリスクプロファイルシート
(化学物質)

作成日:2021年1月15日

項 目	内 容
1 ハザードの名称/別名	<p>2-クロロプロパン-1,3-ジオール(2-MCPD)脂肪酸エステル類(2-Chloro-1,3-propanediol (2-MCPD) fatty acid esters; 2-MCPD esters)</p> <p>※ 脂肪酸が1つ結合したモノエステルと、2つ結合したジエステルが存在し、結合する脂肪酸の種類や組合せにより多数の種類がある。</p> <p><別名> (参考)2-MCPD beta-chlorohydrin and glycerol b-monochlorohydrin</p>
2 基準値、その他のリスク管理措置	
(1)国内	食品衛生法に基づく基準値は設定されていない。
(2)海外	<p>食品中の基準値を設定している国や地域はない。</p> <p>(※類似物質である3-MCPD 脂肪酸エステル類については、Codex 委員会が低減のための実施規範を作成(2019)、欧州委員会が最大基準値を設定(2020))</p>
3 ハザードが注目されるようになった経緯	<p>・1980年代から、食品中に脂肪酸と結合した3-MCPD(3-MCPD 脂肪酸エステル類)が含まれることが報告された。その関連物質として、2011年に、精製した食用油脂中に2-MCPD 脂肪酸エステル類が含まれることが報告された。</p> <p style="text-align: right;">[Velíšek J. et al., 1980; Kuhlman J., 2011]</p> <p>・2016年、欧州食品安全機関(EFSA)がリスク評価した。 [EFSA, 2016]</p>
4 汚染実態の報告(国内)	<p>農林水産省は含有実態を調査していない。</p> <p>(参考)</p> <p>・食品中の2-MCPD 脂肪酸エステル類濃度は、3-MCPD 脂肪酸エステル類濃度と相関があることが報告されている。</p> <p style="text-align: right;">[EFSA, 2016]</p> <p>✓ 油脂中の2-MCPD 脂肪酸エステル類の濃度は、3-MCPD 脂肪酸エステル類濃度の1/2~1/3程度 [Dubous M., 2012; Ermacora A. & Hrnčířík K., 2014]</p> <p>✓ 乳児用調製乳中の2-MCPD 脂肪酸エステル類の濃度は3-MCPD 脂肪酸エステル類の1/2程度</p>

		[Wöhrlin F. et al., 2015]
5	毒性評価	
	(1)吸収、分布、排出及び代謝	<p>データが不足。塩素の結合位置の違いにより、2-MCPD エステル類は、3-MCPD 脂肪酸エステル類とは代謝が異なる可能性がある。</p> <p>[EFSA, 2016]</p> <p>①経口摂取</p> <p>・Caco-2 細胞を用いた in vitro 試験により、2-MCPD 脂肪酸エステル類は、腸管内においてリパーゼにより速やか 2-MCPD に分解されることが示唆された。</p> <p>[Buhrke T. et al., 2015; EFSA, 2016]</p> <p>②代謝 (参考)</p> <p>3-MCPD は、β クロロアセトアルデヒドと β クロロ酢酸に代謝され、これが腎毒性に重要な役割を果たすと考えられている。2-MCPD は、このような代謝は起こらない。</p> <p>[Lynch B. et al., 1998; EFSA, 2016]</p>
	(2)急性毒性	<p>LD₅₀</p> <p>(参考)2-MCPD</p> <p>50 - 60 mg/kg bw (SD ラット、雄、強制経口投与)</p> <p>[Marchesini M. & Stalder R., 1992; EFSA, 2016]</p>
	(3)短期毒性	<p>データが不足。</p> <p>(参考)</p> <p>プロテオーム解析の結果、2-MCPD 脂肪酸エステル類は、3-MCPD 脂肪酸エステル類と異なる毒性を示すことが示唆されている。</p> <p>・2-MCPDE は、2-MCPD と同様に、横紋筋、心臓、腎臓、肝臓への毒性を示す</p> <p>(Wistar ラット、雄、28 日間強制経口投与)</p> <p>[Schultrich K. et al., 2017]</p> <p>・2-MCPD 脂肪酸エステル類は、3-MCPD 脂肪酸エステル類や 3-MCPD と異なり、精巣に毒性を示さず</p> <p>(Wistar ラット、雄、28 日間強制経口投与)</p> <p>[Frenzel F. et al., 2018]</p> <p>2-MCPD</p> <p>・NOAEL 2 mg/kg bw/day</p> <p>(SD ラット、雄雌、28 日間の強制経口投与 2, 16, 30 mg/kg bw/day、横紋筋や心筋など筋毒性、腎毒性)</p> <p>[Perrin I. et al., 1994; EFSA, 2016]</p>

	(4)長期毒性	データなし。 [EFSA, 2016]																																																																															
6	耐容量	耐容量を設定するのに十分な毒性データがないと結論 [JECFA, 2018; EFSA, 2016]																																																																															
	(1)耐容摂取量	—																																																																															
	①PTDI/PTWI/PTMI	—																																																																															
	②PTDI/PTWI/PTMI の根拠	—																																																																															
	(2)急性参照量(ARfD)	—																																																																															
7	暴露評価	海外で報告された 2-MCPD 脂肪酸エステル類(2-MCPD 当量)の推定経口摂取量は以下のとおり。																																																																															
	(1)推定一日摂取量	<p>【EFSA】[点推定]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="4">年齢</th> <th colspan="4">推定摂取量 (µg/kg bw/day)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">平均値</th> <th colspan="2">95 パーセンタイル値</th> </tr> <tr> <th colspan="2">[最小-最大]</th> <th colspan="2">[最小-最大]</th> </tr> <tr> <th>LB</th> <th>UB</th> <th>LB</th> <th>UB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 歳未満</td> <td>0.2-0.3</td> <td>0.3-0.5</td> <td>0.5-0.8</td> <td>0.8-1.4</td> </tr> <tr> <td>1 歳以上 3 歳未満</td> <td>0.2-0.6</td> <td>0.3-0.7</td> <td>0.5-1</td> <td>0.7-1.2</td> </tr> <tr> <td>3 歳以上 10 歳未満</td> <td>0.2-0.6</td> <td>0.3-0.7</td> <td>0.4-1.1</td> <td>0.5-1.3</td> </tr> <tr> <td>10 歳以上 18 歳未満</td> <td>0.1-0.3</td> <td>0.1-0.3</td> <td>0.2-0.6</td> <td>0.3-0.7</td> </tr> <tr> <td>18 歳以上 65 歳未満</td> <td>0.1-0.2</td> <td>0.1-0.2</td> <td>0.2-0.3</td> <td>0.3-0.4</td> </tr> <tr> <td>65 歳以上 75 歳未満</td> <td>0.1-0.1</td> <td>0.1-0.2</td> <td>0.2-0.3</td> <td>0.2-0.4</td> </tr> <tr> <td>75 歳以上</td> <td>0.1-0.2</td> <td>0.1-0.2</td> <td>0.2-0.3</td> <td>0.2-0.4</td> </tr> </tbody> </table> <p>・乳児: 乳児用調製乳のみを飲用する場合 170 g/kg bw/day の調製乳(液体)を飲用すると仮定したときの推定摂取量(2-MCPD 当量)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">月齢</th> <th colspan="6">推定摂取量 (µg/kg bw/day)</th> </tr> <tr> <th colspan="3">平均値</th> <th colspan="3">95 パーセンタイル値</th> </tr> <tr> <th>LB</th> <th>MB</th> <th>UB</th> <th>LB</th> <th>MB</th> <th>UB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1~4 ヶ月</td> <td>0.7</td> <td>1</td> <td>1.3</td> <td>1.6</td> <td>1.6</td> <td>1.6</td> </tr> </tbody> </table> <p>[EFSA, 2016]</p> <p>【ドイツ】[点推定]</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>年齢</th> <th>推定摂取量 (µg/kg bw/day)</th> </tr> </thead> </table>	年齢	推定摂取量 (µg/kg bw/day)				平均値		95 パーセンタイル値		[最小-最大]		[最小-最大]		LB	UB	LB	UB	1 歳未満	0.2-0.3	0.3-0.5	0.5-0.8	0.8-1.4	1 歳以上 3 歳未満	0.2-0.6	0.3-0.7	0.5-1	0.7-1.2	3 歳以上 10 歳未満	0.2-0.6	0.3-0.7	0.4-1.1	0.5-1.3	10 歳以上 18 歳未満	0.1-0.3	0.1-0.3	0.2-0.6	0.3-0.7	18 歳以上 65 歳未満	0.1-0.2	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4	65 歳以上 75 歳未満	0.1-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.2-0.4	75 歳以上	0.1-0.2	0.1-0.2	0.2-0.3	0.2-0.4	月齢	推定摂取量 (µg/kg bw/day)						平均値			95 パーセンタイル値			LB	MB	UB	LB	MB	UB	1~4 ヶ月	0.7	1	1.3	1.6	1.6	1.6	年齢
年齢	推定摂取量 (µg/kg bw/day)																																																																																
	平均値			95 パーセンタイル値																																																																													
	[最小-最大]			[最小-最大]																																																																													
	LB	UB	LB	UB																																																																													
1 歳未満	0.2-0.3	0.3-0.5	0.5-0.8	0.8-1.4																																																																													
1 歳以上 3 歳未満	0.2-0.6	0.3-0.7	0.5-1	0.7-1.2																																																																													
3 歳以上 10 歳未満	0.2-0.6	0.3-0.7	0.4-1.1	0.5-1.3																																																																													
10 歳以上 18 歳未満	0.1-0.3	0.1-0.3	0.2-0.6	0.3-0.7																																																																													
18 歳以上 65 歳未満	0.1-0.2	0.1-0.2	0.2-0.3	0.3-0.4																																																																													
65 歳以上 75 歳未満	0.1-0.1	0.1-0.2	0.2-0.3	0.2-0.4																																																																													
75 歳以上	0.1-0.2	0.1-0.2	0.2-0.3	0.2-0.4																																																																													
月齢	推定摂取量 (µg/kg bw/day)																																																																																
	平均値			95 パーセンタイル値																																																																													
	LB	MB	UB	LB	MB	UB																																																																											
1~4 ヶ月	0.7	1	1.3	1.6	1.6	1.6																																																																											
年齢	推定摂取量 (µg/kg bw/day)																																																																																

	中央値		95 パーセントイル値	
	LB	UB	LB	UB
0.5 歳以上 5 歳未満	0.2	0.3	0.7	0.8
14 歳以上 80 歳未満	0.1	0.1	0.2	0.3

・乳児：乳児用調製乳のみを飲用する場合
170 g/kg bw/day の調製粉乳を飲用すると仮定したときの
推定摂取量(2-MCPD 当量)

月齢	推定摂取量 (µg/kg bw/day)	
	中央値(UB)	95 パーセントイル値(UB)
1～4 ヶ月	1.3	2.5

[BfR, 2020]

(2)推定方法

・経口摂取した 2-MCPD 脂肪酸エステル類が体内で全て加水分解されて 2-MCPD が生じ、それがすべて吸収されると仮定。

【EFSA】[点推定]

・EU の含有実態調査で得られた食品中の総 2-MCPD 濃度(遊離体+エステル体)の平均と、各人の一日平均の食品消費量から、個人の推定摂取量を算出し、その平均値と 95 パーセントイル値を食事摂取量調査(計 41 調査)ごとに算出。これらの平均値と 95 パーセントイル値それぞれについて、最小値、中央値、最大値を算出。

・EUの含有実態調査の結果をもとに、食品グループごとに3種類の方法で平均値を計算。

1. UB; 分析値が LOD 未満だったサンプルを LOD として、LOD 以上 LOQ 未満だったサンプルを LOQ として平均値を計算
2. MB; 分析値が LOD 未満だったサンプルを 1/2LOD として、LOD 以上 LOQ 未満だったサンプルを 1/2LOQ として平均値を計算
3. LB; 分析値が LOQ 未満だったサンプルを 0 として計算

・調製粉乳のみを飲用する乳児の 2-MCPD 脂肪酸エステルの摂取量を推定するため、一日に体重 1 kg 当たり 170 g の調製粉乳(液体)を摂取すると仮定

		<p>[EFSA, 2016]</p> <p>【ドイツ】[点推定]</p> <p>・EFSA と同様な方法で推定。ただし、ドイツ国内における食品中の含有実態調査で得られた平均濃度と、食事摂取量調査で得られた各人の食品の一日平均消費量を用いて個人ごとの摂取量を推定し、中央値と 95 パーセンタイル値を算出。</p> <p>[BfR, 2020]</p>
8	MOE(Margin of exposure)	-
9	調製・加工・調理による影響	<p><u>1. 油脂の精製</u></p> <p>・油脂の精製工程(特に脱臭工程)で、160℃以上の高温で加熱した場合、油脂にもともと含まれるトリアシルグリセロール(TAG)、ジアシルグリセロール(DAG)又はモノアシルグリセロール(MAG)と塩素が反応して 3-MCPD 脂肪酸エステル類が生成する。その際、2-MCPD 脂肪酸エステル類も生成することが示唆されている。</p> <p>・DAG、MAG のほうが TAG より反応しやすい。</p> <p>・油脂のグリセリン骨格の 1 位と 3 位のほうが、2 位より立体障害が小さいため塩素イオンによる求核置換反応が起こりやすく、3-MCPD 脂肪酸エステル類が 2-MCPD 脂肪酸エステル類よりも優先的に生成する。</p> <p>・2-MCPD 脂肪酸ジエステル類は、3-MCPD 脂肪酸ジエステル類の異性化によっても生成し、特に高温(240-260℃)で早く生成する。</p> <p>[Ermacora A. et al., 2014; Zhao Y. et al., 2016; EFSA, 2016; Rahn & Yaylayan, 2011; Destailats F. et al., 2012]</p> <p>・魚油の精製工程でも生成することが報告されている。</p> <p>[Merkle S. et al., 2017]</p> <p><u>2. 精製油脂を用いた加熱調理</u></p> <p>・パン粉を付けた魚の予備的な揚げ工程(185~200℃、25~40 秒、7 時間)において、揚げ温度が高く、揚げ時間が長いと 2-MCPD 脂肪酸エステル類の濃度が増加</p> <p>[Merkle S. et al., 2018]</p> <p>・とうもろこし油を用いたビスケットを 220℃で焼いたところ、生地に NaCl を添加した場合は焼き時間が長くなると 2-MCPD 脂肪酸エステル類の濃度が増加。</p>

		[Mogol BA. et al., 2014]																																																															
		<p>・ショートニングを含むマデイラケーキを 160℃、180℃、200℃で焼いたところ、2-MCPD 脂肪酸エステル濃度は、原料油脂中の濃度から大きく増減しないとの報告。2-MCPD 脂肪酸エステル類と 3-MCPD 脂肪酸エステル類の比でみると高温になるほど 2-MCPD 脂肪酸エステル類の比率が高くなる。</p> <p style="text-align: right;">[Goh KM. et al., 2019]</p>																																																															
10	ハザードに汚染される可能性がある農作物/食品の生産実態																																																																
	(1)農産物/食品の種類	・食用精製油脂及びそれを原材料とする加工食品																																																															
	(2)国内の生産実態	・植物油国内供給量(2019)																																																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">植物油の種類</th> <th colspan="3">供給量(1,000 t)</th> </tr> <tr> <th>国内で搾油</th> <th>輸入油</th> <th>合計</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>菜種油</td> <td>1,014</td> <td>38</td> <td>1,052</td> </tr> <tr> <td>パーム油</td> <td>-</td> <td>779</td> <td>779</td> </tr> <tr> <td>大豆油</td> <td>489</td> <td>11</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>パーム核油</td> <td>-</td> <td>74</td> <td>74</td> </tr> <tr> <td>こめ油</td> <td>67</td> <td>33</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>とうもろこし油</td> <td>81</td> <td>0</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>オリーブ油</td> <td>-</td> <td>73</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>やし油</td> <td>-</td> <td>53</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>ごま油</td> <td>53</td> <td>3</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>ひまわり油</td> <td>-</td> <td>28</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>綿実油</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>サフラワー油</td> <td>-</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>その他の油脂</td> <td>0</td> <td>71</td> <td>71</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>1,642</td> <td>1,145</td> <td>2,787</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">[日本植物油協会]</p>	植物油の種類	供給量(1,000 t)			国内で搾油	輸入油	合計	菜種油	1,014	38	1,052	パーム油	-	779	779	大豆油	489	11	500	パーム核油	-	74	74	こめ油	67	33	100	とうもろこし油	81	0	81	オリーブ油	-	73	73	やし油	-	53	53	ごま油	53	3	56	ひまわり油	-	28	28	綿実油	5	3	8	サフラワー油	-	7	7	その他の油脂	0	71	71	合計	1,642	1,145	2,787
植物油の種類	供給量(1,000 t)																																																																
	国内で搾油	輸入油	合計																																																														
菜種油	1,014	38	1,052																																																														
パーム油	-	779	779																																																														
大豆油	489	11	500																																																														
パーム核油	-	74	74																																																														
こめ油	67	33	100																																																														
とうもろこし油	81	0	81																																																														
オリーブ油	-	73	73																																																														
やし油	-	53	53																																																														
ごま油	53	3	56																																																														
ひまわり油	-	28	28																																																														
綿実油	5	3	8																																																														
サフラワー油	-	7	7																																																														
その他の油脂	0	71	71																																																														
合計	1,642	1,145	2,787																																																														
		<p>・パーム油の国別輸入量(2019)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>国</th> <th>輸入量(t)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>マレーシア</td> <td>507,485</td> </tr> <tr> <td>インドネシア</td> <td>270,789</td> </tr> <tr> <td>コロンビア</td> <td>305</td> </tr> <tr> <td>シンガポール</td> <td>69</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ほぼすべて、RBD パーム油の形態で購入</p>	国	輸入量(t)	マレーシア	507,485	インドネシア	270,789	コロンビア	305	シンガポール	69																																																					
国	輸入量(t)																																																																
マレーシア	507,485																																																																
インドネシア	270,789																																																																
コロンビア	305																																																																
シンガポール	69																																																																

[財務省]

・食用加工油脂等生産量(2019)

品目	生産量(t)
マーガリン	170,189
ファットスプレッド	51,450
ショートニング	220,438
精製ラード	24,744
食用精製加工油脂	36,706
その他食用加工油脂	178,111

[日本マーガリン工業会]

・牛乳乳製品生産量(2019)

品目	生産量(t)
調製粉乳	27,336
バター	62,441

[農林水産省]

11 汚染防止・リスク低減方法

効果を実証した報告は少ないものの、3-MCPD 脂肪酸エステル類の低減対策が、2-MCPD 脂肪酸エステル類の低減にも効果的であると考えられている。

(参考)

・精製油及び精製油を用いた製品中の 3-MCPD 脂肪酸エステル類及びグリシドール脂肪酸エステル類の低減のための実施規範

[Codex, 2019]

・欧州植物油及びプロテインミール業界(FEDIOL)は、油脂の製造工程における各段階で適用できる可能性がある低減技術及びそれを適用する際の制約を一覧表にまとめて公表。

[FEDIOL, 2015]

・ドイツ食品法・食品科学連盟(BLL)は、油脂原料の生産、油脂の製造、油脂を用いた加工食品の製造及び調理の各過程で適用できる可能性がある低減技術及びそれを適用する際の制約を一覧表にまとめて公表。

[BLL, 2016]

12 リスク管理を進める上で不足しているデータ等

【基礎的な知見】

- ・生成・分解メカニズム
- ・体内動態、毒性
- ・含有実態

		<p>・油脂を原料とする加工食品に適用できる妥当性が確認された分析法(特に、調製粉乳)</p> <p>【低減技術に関する知見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・産業的に実行できる、油脂や油脂を原料とする加工食品中の濃度の低減技術 ・低減技術の適用による食品への品質や他の有害化学物質への影響 <p>【より現実的な摂取量推定に必要な知見】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・油脂や油脂を原料とする加工食品中の含有実態 ・油脂や油脂を原料とする加工食品の消費量
13	消費者の関心・認識	<ul style="list-style-type: none"> ・国内の消費者の関心・認識が高いとは言えない。 ・海外においても、類似物質の 3-MCPD 脂肪酸エステル類やグリシドール脂肪酸エステル類ほど関心は高くない。
14	その他	<p>【JECFA】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2016 年に 3-MCPD 脂肪酸エステル類のリスク評価を実施した際、2-MCPD 脂肪酸エステル類について、食品に含まれる可能性があるが、含有実態データおよび毒性データが不足していることを指摘した。 <p style="text-align: right;">[JECFA, 2018]</p> <p>【EFSA】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2016 年にリスク評価し、2-MCPD 脂肪酸エステル類について、以下の知見をさらに収集することを勧告した。 ・食品の含有実態データ ・モノエステル体、ジエステル体の 2-MCPD の遊離割合 ・2-MCPD を長期間投与した場合の毒性及びその発現メカニズム <p style="text-align: right;">[EFSA, 2016]</p> <p>【農林水産省】</p> <p>安全な農畜水産物安定供給のための包括的レギュラトリーサイエンス研究推進委託事業のうち課題解決型プロジェクト研究(食品安全対応プロジェクト)において、食品中の 3-MCPD 脂肪酸エステル類及びグリシドール脂肪酸エステル類に関する研究(食用精製油脂中の 3-MCPDE、GE 濃度の管理技術の開発、食用精製油脂を用いた加熱</p>

		<p>調理が加工食品中の 3-MCPDE、GE 生成に及ぼす影響の解明)を実施(2018~2022 年度まで実施予定)。 この研究において、2-MCPD 脂肪酸エステル類についても知見を得る予定。</p> <p style="text-align: right;">[農林水産省, 2019]</p>
15	出典・参考文献	<p>BfR. (2020). Possible health risks due to high concentrations of 3-MCPD and glycidyl fatty acid esters in certain foods. https://mobil.bfr.bund.de/cm/349/possible-health-risks-due-to-high-concentrations-of-3-MCPD-and-glycidyl-fatty-acid-esters-in-certain-foods.pdf. (Accessed on August 4 2020).</p> <p>BLL. (2016). Toolbox for the Mitigation of 3-MCPD Esters and Glycidyl Esters in Food. https://www.ovid-verband.de/fileadmin/user_upload/Hintergrundpapiere/2016-02_BLL_Toolbox_3-MCPD_Glycidyl-Fettsaeureester_Englisch.pdf.</p> <p>Buhrke T. et al. (2015). 2-Chloro-1,3-propanediol (2-MCPD) and its Fatty Acid Esters: Cytotoxicity, metabolism, and transport by Human Intestinal Caco-2 Cells. <i>J. Food Compos. Anal.</i> 44. 111-114.</p> <p>Codex. (2019). Code of Practice for the Reduction of 3-Monochloropropane-1,2- Diol Esters (3-MCPDEs) and Glycidyl Esters (GEs) in Refined Oils and Food Products Made With Refined Oils (CXC 79-2019). http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B79-2019%252FCXC_079e.pdf.</p> <p>Destailats F. et al. (2012). Formation mechanisms of Monochloropropanediol (MCPD) fatty acid diesters in refined palm (<i>Elaeis guineensis</i>) oil and related fractions. <i>Food Add. & Contam. Part A.</i> 29. 29-37.</p> <p>Dubous M. (2012). Comparison of indirect and di</p>

		<p>rect quantification of esters of monochloropropanediol in vegetable oil. <i>J. Chromatogr. A.</i> 1236. 189-201.</p> <p>EFSA. (2016). Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food.</p> <p>Ermacora A. & Hrnčič K. (2014). Development of an Analytical Method for the Simultaneous Analysis of MCPD Esters and Glycidyl Esters in Oil-Based Foodstuffs. <i>Food Add. Contam.</i> 31(6). 985-94.</p> <p>Ermacora A. et al. (2014). Study on the thermal degradation of 3-MCPD esters in model systems simulating deodorization of vegetable oils. <i>Food Chem.</i> 150. 158-163.</p> <p>FEDIOL. (2015). MCPD esters and glycidyl esters. http://www.fediol.be/data/FEDIOL%20Review%20of%20Mitigation%20Measures%20MCPD%20Esters%20and%20Glycidyl%20Esters%20-%202024%20June%202015.pdf. (accessed June 12. 2020.).</p> <p>Frenzel F. et al. (2018). Proteomic analysis of 2-monochloropropanediol (2-MCPD) and 2-MCPD dipalmitate toxicity in rat kidney and liver in a 28-days study. <i>Food Chem. Toxicol.</i> 121. 1-10.</p> <p>Goh KM. et al. (2019). Effects of shortening and baking temperature on quality, MCPD ester and glycidyl ester content of conventional baked cake. <i>LWT-Food Science and technology</i> 116. 108553.</p> <p>JECFA. (2018). Safety evaluation of certain contaminants in food.</p> <p>Kuhlman J. (2011). Determination of bound 2,3-epoxy-1-propanol (glycidol) and bound monochloropropanediol (MCPD) in refined oils. <i>Eur. J. Upld Sci. Technol.</i> 113. 335-344.</p> <p>Lynch B. et al. (1998). Carcinogenicity of Monoch</p>
--	--	--

		<p>loro-1,2-Propanediol (α-Chlorohydrin, 3-MCPD). <i>International J. Toxicology</i>. 17(1).</p> <p>Marchesini M. & Stalder R. (1992). The acute toxicity of 2-chloropropan 1,2 diol (up and down test). Unpublished report No. FS-RN9 20011 submitted to WHO by Nestec Ltd, Research & Development, Switzerland.</p> <p>Merkle S. et al. . (2018). Mitigation strategies for ester bound 2-/3-MCPD and esterified glycidol in pre-fried breaded and frozen fish products. <i>Food Chem.</i> 245. 196-204.</p> <p>Merkle S. et al. (2017). Impact of fish species and processing technology on minor fish oil components. <i>Food Control</i>. 73. 1379-1387.</p> <p>Mogol BA. et al. (2014). Formation of Monochloropropane-1,2-diol and Its Esters in Biscuits during Baking. <i>J. Ari. Food Chem.</i> 2014. 62. 7297-7301.</p> <p>Perrin I. et al. (1994). Repeated dose oral toxicity 28 day gavage in Sprague Dawley rats of 2-chloropropan-1,3 diol (2-MCPD). Unpublished report No. RE-SR94026 submitted to EFSA by Nestec Ltd, Research & Development, Switzerland.</p> <p>Rahn & Yaylayan. (2011). What do we know about the molecular mechanism of 3-MCPD ester formation? <i>Eur. J. Lipid Sci. Technol.</i> 113. 323-329.</p> <p>Schultrich K. et al. (2017). Comparative proteomic analysis of 2-MCPD- and 3-MCPD-induced heart toxicity in the rat. <i>Arch. Toxicol.</i> 91. 3145-3 155.</p> <p>Velisek J. et al. (1980). New chlorine-containing organic compounds in protein hydrolysates. <i>J. Agric. Food Chem.</i> 28. 1142-1144.</p> <p>Wöhrlin F. et al. (2015). Occurrence of fatty acid esters of 3-MCPD, 2-MCPD and glycidol in infant formula. <i>Food Add. Contam. Part A.</i> 32(11). 1810-1822.</p>
--	--	--

		<p>Zhao Y. et al. (2016). Formation of 3-MCPD Fatty Acid Esters from Monostearoyl Glycerol and the Thermal Stability of 3-MCPD Monoesters. J. Agric. Food Chem. 64(46). 8918-8926.</p> <p>財務省. 貿易統計. https://www.customs.go.jp/toukei/srch/index.htm?M=01&P=0. (accessed December 15, 2020).</p> <p>日本マーガリン工業会. 食用加工油脂生産統計. http://www.j-margarine.com/datalist/index.html. (accessed June 16, 2020).</p> <p>日本植物油協会. 植物油の道 6. 日本の植物油事情 (3) 日本の植物油供給. https://www.oil.or.jp/kiso/eisan/seisan06_03.html (accessed November 10, 2020).</p> <p>農林水産省. (2019). 油脂を用いた加熱調理が、食材中の 3-MCPD 脂肪酸エステル類及びグリシドール脂肪酸エステル類の生成に及ぼす影響を把握するための分析法の開発. http://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/regulatory_science/pdf/h29_kadai.pdf.</p> <p>農林水産省. 牛乳乳製品統計. https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500225&tstat=000001015114&cycle=7&year=20190&month=0&tclass1=000001015842&tclass2=000001143587. (accessed October 28, 2020).</p>
--	--	--