

调查研究

油炸和膨化食品中氯丙醇酯及缩水甘油酯污染调查研究

杨秋月, 孙仕萍, 陈琪, 王佳宝
(唐山市疾病预防控制中心, 河北 唐山 063000)

摘要:目的 调查油炸及膨化食品中 3-氯-1,2-丙二醇酯(3-MCPDE)和 2-氯-1,3-丙二醇酯(2-MCPDE)和缩水甘油酯(GE)的污染状况,为油炸及膨化食品中 MCPDE 和 GE 的风险评估提供数据参考。方法 建立油炸和膨化食品中氯丙醇酯及 GE 同位素稀释气相色谱-串联质谱法,对 55 份油炸食品和 66 份膨化食品进行定量检测及污染水平分析。结果 油炸和膨化食品中 3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 检出率均为 100%,油炸食品中 3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 含量范围分别为 0.052 5~1.59、0.023 2~0.798 和 0.025 7~3.06 mg/kg。膨化食品中 3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 含量范围为 0.089 2~2.31、0.047 7~0.867 和 0.075 5~2.58 mg/kg。结论 MCPDE 和 GE 含量水平平均呈现膨化食品高于油炸食品的趋势,对膨化食品中 MCPDE 和 GE 的污染需要优先关注。

关键词:油炸食品;膨化食品;氯丙醇酯;缩水甘油酯;污染水平

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2025)03-0252-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2025.03.007

Contamination analysis of chloropropanol esters and glycidyl esters in fried food and puffed food

YANG Qiuyue, SUN Shiping, CHEN Qi, WANG Jiabao

(Tangshan Center for Disease Control and Prevention, Hebei Tangshan 063000, China)

Abstract: Objective To analyze the contamination levels of 3-MCPDE (3-monochloropropane-1,2-diol esters), 2-MCPDE (2-monochloropropane-1,3-diol esters) in fried food and puffed food, and we could provide a scientific basis for conducting risk assessment to the exposure levels of MCPDE and GE. **Methods** We detected chloropropanol esters and glycidyl esters by isotope dilution gas chromatography - tandem mass spectrometry and conducted an analysis of 3-MCPDE, 2-MCPDE and GE contamination levels in 55 fried food samples and 66 puffed food samples. **Results** The detection rates of 3-MCPDE, 2-MCPDE and GE in fried food and puffed food were all 100%, and the concent range of 3-MCPDE, 2-MCPDE and GE in fried food were 0.052 5-1.59, 0.023 2-0.798 and 0.025 7-3.06 mg/kg. The concent range of 3-MCPDE, 2-MCPDE and GE in puffed food were 0.089 2-2.31, 0.047 7-0.867 and 0.075 5-2.58 mg/kg. **Conclusion** The results indicated that the contamination levels of 3-MCPDE, 2-MCPDE and GE in puffed food were higher than fried food, and we should put more attention on MCPDE and GE contamination in puffed food.

Key words: Fried food; puffed food; chloropropanol esters; glycidyl esters; contamination levels

3-氯-1,2-丙二醇酯(3-monochloropropane-1,2-diol esters, 3-MCPDE)、2-氯-1,3-丙二醇酯(2-monochloropropane-1,3-diol esters, 2-MCPDE)和缩水甘油酯(Glycidyl esters, GE)是近几年国内外广泛关注的食品加工过程污染物^[1-2],通常在油脂精炼及油脂热加工过程中形成^[3],在精炼植物油、油炸食品^[4](油条、麻花等)、膨化食品^[5-6](薯条、薯片等)、烘焙食品^[7](面包、饼干)、婴幼儿配方奶粉^[8]等食品中广泛存在。

3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 在人体消化过程中

经脂肪酶水解释放出 3-氯-1,2-丙二醇(3-chloro-1,2-propanediol, 3-MCPD)、2-氯-1,3-丙二醇(2-chloro-1,3-propanediol, 2-MCPD)和缩水甘油(Glycidol, Gly),3-MCPD 在大鼠实验^[9-10]中证实通过氧化应激等机制发挥生殖和肾脏毒性,FRENZEL 等^[11]发现 2-MCPD 对大鼠睾丸有丝分裂信号传导和线粒体能量利用有影响,大鼠模型实验^[12]证实 Gly 具有遗传毒性和致癌性。国际癌症研究机构已将 3-MCPD 列入 2B 类致癌物清单^[13],将 Gly 列入 2A 类致癌物清单^[14]。

收稿日期:2025-02-10

作者简介:杨秋月 女 副主任检验技师 研究方向为食品污染物监测 E-mail:yue13323296615@163.com

本研究依据 GB 5009.191—2024《食品安全国家标准 食品中氯丙醇及其脂肪酸酯、缩水甘油酯的测定》中第二篇第一法建立同位素稀释-碱水解-气相色谱-串联质谱法^[15],对河北省采集的 55 份油炸食品和 66 份膨化食品中 3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 进行定量测定,评估油炸及膨化食品中 3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 的污染状况,为油炸及膨化食品中 MCPDE 和 GE 风险评估提供数据参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源

2024 年在河北省 11 个地市共采集 55 份油炸食品和 66 份膨化食品,要求农村和城市样品数量基本相等,膨化食品另要求商店、市场、网店、餐饮店的样品数量比例为 2:2:1:1。油炸食品包括油条、油饼、麻花和馓子,膨化食品包括含油型的薯条、薯片、虾条、虾片、雪饼和米饼。

1.1.2 主要仪器与试剂

气相色谱-串联质谱仪(7890B-7000D,美国 Agilent),氮吹仪(N-EVAP116,美国 Organomation),电子天平(感量为 0.1 mg, BT124S),电热恒温鼓风干燥箱(PHG-9123A),低温恒温槽(DC-0530,温度精度为 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$)。

顺式-3-氯-1,2-丙二醇棕榈酸二酯(以醇计, 100.0 mg/L $\pm$ 3.0 mg/L)、rac-3-氯-1,2-丙二醇棕榈酸二酯-[$^{13}\text{C}_3$](以醇计, 50.0 mg/L $\pm$ 2.5 mg/L)、顺式-2-氯-1,3-丙二醇硬脂酸二酯(以醇计, 100.2 mg/L $\pm$ 3.1 mg/L)、顺式-2-氯-1,3-丙二醇硬脂酸二酯-D₅(以醇计, 100.1 mg/L $\pm$ 3.1 mg/L)、棕榈酸缩水甘油酯(以醇计, 50.0 mg/L $\pm$ 1.5 mg/L)、缩水甘油棕榈酸酯-D₅(以醇计, 100.1 mg/L $\pm$ 3.1 mg/L),均购自上海安谱瑾世标准技术服务有限公司;异辛烷、甲苯、甲基叔丁基醚、石油醚(沸程为 30~60 $^{\circ}\text{C}$),均为色谱纯,购自天津科密欧化学试剂公司;硫酸(德国 Merck 公司)、苯基硼酸(上海源叶生物公司)、溴化钠(天津飞船化学试剂公司)、氢氧化钠(天津科密欧化学试剂公司)、无水硫酸钠(上海国药集团公司),均为分析纯;菜籽油空白购自福州勤鹏生物技术有限公司;FAPAS T2675QC 薯片质控物质购自英国食品与环境研究院。

1.2 方法

1.2.1 脂肪提取

称取试样 3.0 g(精确至 0.01 g)用普通干净滤纸包裹紧实,置于 50 mL 离心管中,加入 25 mL 石油醚浸没样品,以 120 r/min 速度振荡 1 h,将提取液

转移至新的离心管,再次加入 25 mL 石油醚重复上述操作,合并两次提取液于 55 $^{\circ}\text{C}$ 下氮吹至约 3 mL,将溶液转移至 15 mL 玻璃试管中,用 6 mL 石油醚分 2 次淋洗离心管内壁,将淋洗液全部转移至玻璃试管中,于 55 $^{\circ}\text{C}$ 下氮吹至油层液面无变化,在 100 $^{\circ}\text{C}$ 下加热烘干约 1 h,冷却至室温进行恒重。

1.2.2 MCPDE 和 GE 检测方法

提取的脂肪参照 GB 5009.191—2024 第二篇第一法进行水解、溴代、净化及衍生,3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 标准系列点拓宽为 5.00、10.0、50.0、100、200、400、600、1 000 ng,以满足油炸及膨化食品检测需求。在菜籽油空白基质中添加标准溶液,以目标物响应约为 3 倍噪声和 10 倍噪声时添加浓度为方法的检出限(Limit of detection, LOD)和定量限(Limit of quantification, LOQ)。

1.2.3 质量控制

鉴于油炸和膨化食品中目标污染物含量较高,为了评价方法的准确度和精密度,选择油条样品进行加标,油条样品中 3-MCPDE 和 2-MCPDE 均未检出,GE 检测值为 0.013 3 mg/kg(以样品计),加标水平为 0.02、0.10 和 0.30 mg/kg,每个水平做 6 次平行测定。每批次样品检测的同时进行空白试验、加标回收和 FAPAS T2675QC 薯片全流程质控,样品及质控样品的检测值均以样品计。

1.2.4 统计学分析

对采集的油炸和膨化食品中 3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 检测值进行 Shapiro-Wilk 正态性检验,均不符合正态分布,故利用百分位数进行污染水平描述分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 检测方法的确证

3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 在质量 5.00~1 000 ng 范围内呈现良好的线性关系($R^2>0.999$),3-MCPDE 检出限和定量限分别是 0.012 和 0.036 mg/kg,2-MCPDE 检出限和定量限分别是 0.011 和 0.033 mg/kg,GE 检出限和定量限分别是 0.017 和 0.051 mg/kg。样品加标回收率为 80.5%~117%,RSD(相对标准偏差)为 3.06%~8.67%(表 1)。每批次试验 FAPAS T2675QC 薯片质控品中 3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 检测结果均在其认定值的 $|Z| \leq 2$ 的含量范围内(表 2)。

2.2 样品检测结果分析

2.2.1 油炸食品中氯丙醇酯和缩水甘油酯污染水平分析

油炸食品中 3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 检出率均为 100%,中位数分别是 0.371、0.170 和 0.139 mg/kg,

表1 氯丙醇酯和缩水甘油酯的线性方程、检出限、定量限、准确度和精密度
Table 1 Linear equations, LOD, LOQ, accuracy and precision of MCPDE and GE

化合物	线性回归方程	检出限/(mg/kg)	定量限/(mg/kg)	加标浓度/(mg/kg)					
				0.02		0.10		0.30	
				回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
3-MCPDE	$Y=0.0057X+0.0116$ $R=0.999\ 8$	0.012	0.036	85.8~97.7	5.28	80.9~92.7	5.84	80.5~98.9	8.67
2-MCPDE	$Y=0.0147X-0.0592$ $R=0.999\ 7$	0.011	0.033	100~110	4.10	81.8~89.0	3.06	91.1~105	6.00
GE	$Y=0.0123X-0.0179$ $R=0.999\ 94$	0.017	0.051	103~117	5.21	83.8~99.3	7.41	81.3~95.3	6.18

表2 T2675QC薯片中氯丙醇酯和缩水甘油酯结果
Table 2 Results of MCPDE and GE in T2675QC potato chips

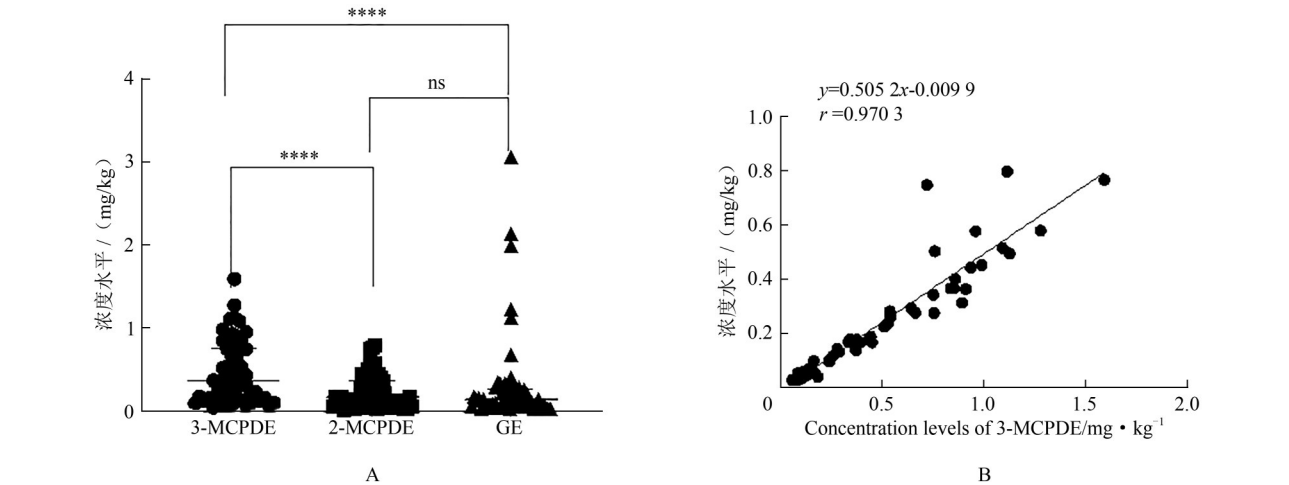
化合物	测定结果/(μg/kg)	认定值及其 Z ≤2的含量范围/(μg/kg)
3-MCPDE	49.4、49.6、42.4、49.4、45.1、42.9	44.0(24.6~63.3)
2-MCPDE	36.2、26.0、19.2、36.3、28.1、26.6	27.2(15.3~39.2)
GE	55.5、34.0、33.7、40.7、45.2、39.6	50.0(28.0~72.0)

检测值范围分别为0.052 5~1.59、0.023 2~0.798和0.025 7~3.06 mg/kg,脂肪含量范围为8.62~42.4 g/100 g(表3)。利用Kruskal-Wallis检验对不同种类油炸食品的污染物含量进行两两比较,结果显示3-MCPDE和2-MCPDE含量水平在油条、油饼、麻花和馓子间差异无统计学意义($P>0.05$);麻花的GE

含量高于油条($P<0.000\ 1$),其余两两比较差异无统计学意义($P>0.05$)。利用Friedman检验对目标物含量之间进行比对发现,3-MCPDE含量水平高于2-MCPDE($P<0.000\ 1$),二者呈现较强的正相关性(图1B),与刘卿等^[16]研究结果一致。3-MCPDE和GE比较差异有统计学意义($P<0.000\ 1$)(图1A),体现在麻花中3-MCPDE低于GE,油饼和油条中3-MCPDE高于GE,可能与样品原料和加工工艺有关。利用Spearman检验对3-MCPDE、2-MCPDE、GE与脂肪含量进行相关性分析,GE与脂肪含量呈现一定正相关性($r=0.54,P<0.000\ 1$),MCPDE与脂肪含量无显著相关性。

表3 油炸食品中氯丙醇酯和缩水甘油酯检测结果
Table 3 Contents of MCPDE and GE in fried food

样品种类	份数	脂肪含量/(g/100 g)		3-MCPDE/(mg/kg)		2-MCPDE/(mg/kg)		GE/(mg/kg)	
		P50	含量范围	P50	含量范围	P50	含量范围	P50	含量范围
麻花	15	28.3	15.3~42.4	0.181	0.052 5~1.11	0.098 1	0.029 3~0.798	0.336	0.139~3.06
馓子	6	22.9	10.5~29.2	0.308	0.076 8~0.987	0.162	0.027 1~0.453	0.140	0.034 5~1.13
油饼	11	17.0	9.76~20.8	0.660	0.103~1.59	0.294	0.045 6~0.766	0.175	0.031 2~1.23
油条	23	15.1	8.62~26.2	0.390	0.076 2~1.28	0.170	0.023 2~0.560	0.068 4	0.025 7~0.307



注:A:3-MCPDE、2-MCPDE和GE污染水平分布及比较,****代表两者比较差异有统计学意义,ns代表两者比较差异无统计学意义;
B:3-MCPDE和2-MCPDE含量之间相关性分析

图1 油炸食品中氯丙醇酯和缩水甘油酯污染水平比较分析

Figure 1 Analysis of MCPDE and GE contamination levels in fried food

2.2.2 膨化食品中氯丙醇酯和缩水甘油酯污染水平分析
膨化食品中3-MCPDE、2-MCPDE和GE检出率均

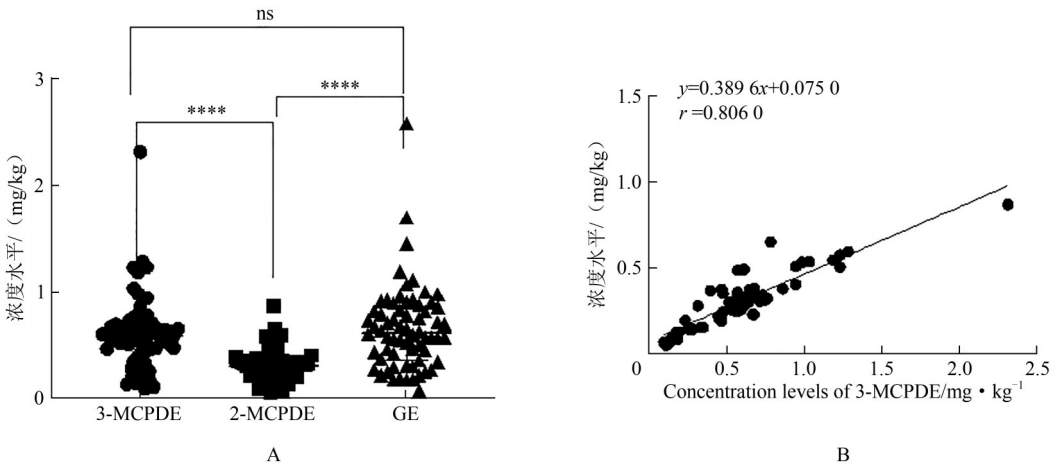
为100%,3-MCPDE检测值范围为0.089 2~2.31 mg/kg,中位数是0.583 mg/kg;2-MCPDE检测值范围为0.047 7~0.867 mg/kg,中位数是0.302 mg/kg;GE检测

值范围为 0.075 5~2.58 mg/kg,中位数是 0.609 mg/kg,脂肪含量范围为 6.8~33.1 g/100 g(表 4),夏天等^[17]检测市售薯条中 3-MCPDE 含量 0.76~1.22 mg/kg,GE 含量范围为 0.17~1.50 mg/kg,张璟琳等^[18]检测到虾片中 3-MCPDE 含量为 0.672 mg/kg,2-MCPDE 含量为 0.222 mg/kg,与本试验结果趋势相同。利用 Kruskal-Wallis 检验对不同种类膨化食品的污染物含量进行两两比较,结果显示 3-MCPDE 和 2-MCPDE 含量水平在不同膨化食品种类间差异无统计学意义($P>0.05$),米饼中 GE 含量高于薯条($P<$

0.05),其余两两比较 GE 含量差异无统计学意义。利用 Friedman 检验对目标物含量进行比对发现,3-MCPDE 含量水平普遍高于 2-MCPDE 且在膨化食品中也呈现正相关性。2-MCPDE 和 GE 检测值比较差异有统计学意义($P<0.0001$),二者相关性不强,GE 含量水平普遍高于 2-MCPDE(图 2)。利用 Spearman 检验对膨化食品中 3-MCPDE、2-MCPDE、GE 与脂肪含量进行相关性分析,脂肪含量与 2-MCPDE 呈正相关($r=0.69$, $P<0.0001$),3-MCPDE、GE 和脂肪含量正相关性较弱($r<0.50$)。

表4 膨化食品中氯丙醇酯和缩水甘油酯检测结果
Table 4 Contents of MCPDE and GE in puffed food

样品种类	份数	脂肪含量/(g/100 g)		3-MCPDE/(mg/kg)		2-MCPDE/(mg/kg)		GE/(mg/kg)	
		P50	含量范围	P50	含量范围	P50	含量范围	P50	含量范围
米饼	9	15.3	13.7~33.1	0.686	0.567~1.23	0.306	0.228~0.503	0.898	0.294~1.70
雪饼	14	13.2	10.4~14.7	0.573	0.462~0.744	0.261	0.191~0.381	0.631	0.172~1.10
薯片	11	24.5	17.2~30.1	0.511	0.170~1.28	0.374	0.126~0.650	0.625	0.210~2.58
薯条	15	14.6	11.3~30.9	0.516	0.089 2~2.31	0.263	0.047 7~0.867	0.354	0.075 5~0.894
虾片	6	22.2	14.7~30.0	0.643	0.568~0.942	0.343	0.327~0.507	0.766	0.171~0.960
虾条	11	13.7	6.8~26.9	0.472	0.277~0.941	0.297	0.143~0.403	0.500	0.182~1.19



注:A:3-MCPDE、2-MCPDE 和 GE 污染水平分布及比较,****代表两者比较差异有统计学意义,ns 代表两者比较差异无统计学意义;
B:3-MCPDE 和 2-MCPDE 含量的相关性

图2 膨化食品中氯丙醇酯和缩水甘油酯污染水平比较分析
Figure 2 Analysis of MCPDE and GE contamination levels in puffed food

3 讨论

本研究结果显示油炸和膨化食品中普遍存在 MCPDE 和 GE 污染,不同种类食品中 3-MCPDE 和 2-MCPDE 含量水平差异无统计学意义($P>0.05$),但 GE 在油炸麻花和膨化米饼中含量较高,与其他样品比较差异无统计学意义($P>0.05$)。样品中脂肪含量与目标污染物相关性不强($r<0.70$),快餐煎炸试验发现油中极性物质和酸价与 MCPDE 和 GE 污染水平相关性较强^[17],应关注用油品质对热加工食品中 MCPDE 和 GE 污染影响。MCPDE 和 GE 的含量水平均呈现膨化食品高于油炸食品的趋势,提示 MCPDE 和 GE 污染可能与食品加工工艺有关,涉及

原料成分、食用油来源、热处理温度、加热时间、加盐量等因素。宋迎春等^[19]在检测油炸食品中氯丙醇酯时发现,3-MCPDE 整体污染水平高于 2-MCPDE,在本次试验也发现油炸食品中 2-MCPDE 含量水平约是 3-MCPDE 的 50%,膨化食品中 2-MCPDE 含量水平约是 3-MCPDE 的 39%,与 GOH 等^[6]调查发现 2-MCPDE 含量约占 3-MCPDE 的 40%~80% 的结果相符。本次调查中污染水平分析存在不确定性,一是不同种类食用油热加工前 MCPDE 和 GE 本底水平差异显著,2015—2017 年国家食品安全风险评估中心对中国市售食用植物油中 MCPDE 和 GE 进行污染调查^[16]发现,花生油和菜籽油中 3-MCPDE 和 GE

的污染水平显著高于其他品种。河南省在市售植物油中发现大豆油的 3-MCPDE 污染水平最高^[20]。后续监测应充分考虑食用油种类对热加工食品中 MCPDE 和 GE 污染水平的影响;二是本次调查样品品种和数量分布均匀性稍差,虾片和馓子采集数量偏少,后续研究应增加监测样品量。同时,应充分考虑不同食品基质对加标回收的准确性和精密度的影响,鉴于油炸和膨化食品中目标物污染水平较高,在后续研究中可调整加标水平或尝试采用同基质有证标准物质进行全流程质量控制;三是未充分考虑加工工艺对 MCPDE 和 GE 污染水平的影响,MCPDE 和 GE 并不稳定,随着加工油温升高和加热时间延长会处于边生成边分解状态^[17]。加工过程中氯离子浓度和原料水分也会显著影响 MCPDE 和 GE 的含量^[21]。油炸和膨化食品食用人群范围广,鉴于 MCPDE 的生殖毒性和 GE 的遗传毒性,应重点关注未成年人等高消费量人群,全面评估各年龄段对 MCPDE 和 GE 膳食暴露风险,为 MCPDE 和 GE 的风险管理提供科学依据。

参考文献

- [1] 金青哲,王兴国.氯丙醇酯-油脂食品中新的潜在危害因子[J].中国粮油学报,2011,26(11):119-123.
JIN Q Z, WANG X G. Chloropropanol esters-a new potential hazard factor in oily food[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 26(11): 119-123.
- [2] HAMLET C G, SADD P A, GRAY D A. Generation of monochloropropanediols (MCPDs) in model dough systems. 2. Unleavened doughs[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(7): 2067-2072.
- [3] 吴少明,傅武胜,刘平,等.食用植物油中脂肪酸氯丙醇酯形成机制的研究进展[J].食品科学,2014,35(1):266-270.
WU S M, FU W S, LIU P, et al. Formation mechanism of 3-chloropropane-1,2-diol esters in edible vegetable oil[J]. Food Science, 2014, 35(1): 266-270.
- [4] CUI X, ZHANG L, ZHOU P, et al. Dietary exposure of general Chinese population to fatty acid esters of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) from edible oils and oil-containing foods[J]. Food Additives & Contaminants: Part A - Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment, 2021, 38(1):60-69.
- [5] 里南.食品中脂肪酸氯丙醇酯的污染调查与暴露评估[D].福州:福建农林大学,2012.
LI N. Study on the occurrence of fatty acid esters of chloropropanols in food and exposure assessment[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2012.
- [6] GOH K M, WONG Y H, TAN C P, et al. A summary of 2-, 3-MCPD esters and glycidyl ester occurrence during frying and baking processes[J]. Current Research in Food Science, 2021, 9(4): 460-469.
- [7] MIYAZAKI K, TAKAGISHI Y, SAKAMOTO K, et al. Development of indirect quantitative methods for 3-mcpd fatty acid esters (3-mcpdes) and glycidyl fatty acid esters (ges) in thermally processed foodstuffs[J]. Journal of Oleo Science, 2022, 71(1): 15-29.
- [8] 袁蕊,崔霞,杨贵芝.2021年北京市市售婴幼儿配方奶粉中氯丙醇酯和缩水甘油酯污染状况[J].卫生研究,2022,51(4):645-649.
YUAN R, CUI X, YANG G Z. Contamination characteristics and preliminary exposure risk assessment of chloropropanol esters and glycidyl esters in infant formula sold in Beijing in 2021[J]. Journal of Hygiene Research, 2022, 51(4): 645-649.
- [9] European Food Safety Authority. Explanatory note for the guidance of the scientific panel of food contact material, enzymes, flavourings and processing aids (cef) on the submission of a dossier on food enzymes[J]. Parma, Italy: European Food Safety Authority, 2011, 8(7): 1-21.
- [10] KNUTSEN H K, ALEXANDER J, BARREGÅRD L, et al. Update of the risk assessment on 3-monochloropropane diol and its fatty acid esters[J]. EFSA Journal, 2018, 16(1): e05083.
- [11] FRENZEL F, OBEREMM A, LAMPEN A, et al. Proteomic effects of repeated-dose oral exposure to 2-monochloropropanediol and its dipalmitate in rat testes[J]. Food and Chemical Toxicology, 2018, 116(Pt B): 354-359.
- [12] YABANI D S, OFOSU I W, ANKAR-BREWOO G M, et al. Exposure to dietary glycidyl and 3-mcpd fatty acid esters and associated burden of cancer in selected asian and european countries: a review and data synthesis[J]. Environ Health Insights, 2024, 18: 11786302241277628.
- [13] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some chemicals present in industrial and consumer products, food and drinking-water[J]. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 2013, 101: 9-549.
- [14] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some industrial chemicals[J]. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 2000, 77: 9-529.
- [15] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,国家市场监督管理总局.食品安全国家标准 食品中氯丙醇及其脂肪酸酯、缩水甘油酯的测定:GB 5009.191—2024[S].北京:中国标准出版社,2024.
The National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, the China Food and Drug Administration. Determination of chloropropanol esters and glycidyl esters in food: GB 5009.191—2024[S]. Beijing: Standards Press of China, 2024.
- [16] 刘卿,周萍萍,杨大进.2015—2017年中国市售食用植物油中氯丙醇酯和缩水甘油酯的污染状况[J].卫生研究,2021,50(1):75-78.
LIU Q, ZHOU P P, YANG D J. Chloropropanol and glycidyl esters content in edible vegetable oils in China in 2015—2017[J]. Journal of Hygiene Research, 2021, 50(1): 75-78.
- [17] 夏天,牛付欢,梁俊梅,等.快餐煎炸对油脂中3-氯丙醇酯(3-MCPD)以及缩水甘油(GEs)的影响[J].中国粮油学报,2022,37(10):138-145.
XIA T, NIU F H, LIANG J M, et al. Effects of fast food frying on 3-chloropropyl alcohol (3-MCPD) and glycidyl (GEs) in oil

- [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2022, 37(10): 138-145.
- [18] 张璟琳, 张璐, 贾雪颖, 等. 油炸食品中氯丙醇酯含量分析[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(14): 209-214.
- ZHANG J L, ZHANG L, JIA X Y, et al. The content of chloropropanol esters in fried food[J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(14): 209-214.
- [19] 宋迎春, 周鸿, 袁娅, 等. 江西省焙烤及油炸食品中氯丙醇酯污染调查及暴露风险评估[J]. 应用预防医学, 2022, 28(3): 237-240.
- SONG Y C, ZHOU H, YUAN Y, et al. Investigation and exposure risk assessment of chloropropanol ester contamination in baked and fried food in Jiangxi province[J]. Application of Preventive Medicine, 2022, 28(3): 237-240.
- [20] 谷瑞丽, 宁亚萍, 刘璐, 等. 河南省市售食用植物油中氯丙醇酯污染状况分析[J]. 中国油脂, 2024, 49(1): 84-89.
- GU R L, NING Y P, LIU L, et al. Pollution status of MCPD esters in edible vegetable oils in Henan province[J]. China Oils and Fats, 2024, 49(1): 84-89.
- [21] ZHOU H, JIN Q, WANG X, et al. Effects of temperature and water content on the formation of 3-chloropropane-1, 2-diol fatty acid esters in palm oil under conditions simulating deep fat frying[J]. European Food Research and Technology, 2014, 238(3): 495-501.

《中国食品卫生杂志》投稿须知

《中国食品卫生杂志》是中华预防医学会、中国卫生信息与健康医疗大数据学会共同主办的国家级食品卫生学术期刊,为中文核心期刊、中国科技核心期刊。《中国食品卫生杂志》的办刊方针是普及与提高并重。设专家述评、论著、研究报告、实验技术与方法、监督管理、调查研究、风险监测、风险评估、食品安全标准、食物中毒、综述等栏目。《中国食品卫生杂志》既报道食品安全领域的重大科研成果,也交流产生、发现于实际工作的研究结论;既涉足实验室,又深入监督管理现场;全方位报道国内外食品安全的政策、理论、实践、动态。

1 投稿的基本要求

文稿应具有创新性、科学性、实用性,文字精练,数据准确,逻辑性强。文章一般不超过 5000 字,如遇特殊情况请与编辑部联系。投稿时邮寄单位推荐信,介绍该文的作者、单位,文章的真实性,是否一稿两投,是否属于机密,是否受各类基金资助。如为基金资助项目,应附带资助的合同文本封面和课题参加者名单页复印件或获奖证书复印件。

2 文稿中应注意的问题

投稿前最好先阅读本刊,以便对本刊有基本的了解。尤其要注意以下问题。

- 2.1 作者和单位的中英文名称、所在地、邮编分别列于中英文题目之下,单位的英文名称应是系统内认可的、符合规范的。
- 2.2 个人署名作者在 2 人(含 2 人)以上以及集体作者,应指定一位通信作者(corresponding author)。第一作者及通信作者应有简短的中文自传:姓名、性别、学位、职称、主攻研究方向,放在文稿第一页的左下方。副高职称以上的作者应有亲笔签名。
- 2.3 受资助的情况(资助单位、项目名称、合同号)用中英文分别列于文稿左下方。
- 2.4 所有稿件都应有中英文摘要。一般科技论文的摘要包括:目的、方法、结果、结论。作者应能使读者通过阅读摘要就能掌握该文的主要内容或数据。为便于国际读者检索并了解文章的基本信息,英文摘要应比中文摘要更详细。
- 2.5 每篇文章应标注中英文关键词各 3~8 个。
- 2.6 缩略语、简称、代号除了相邻专业的读者清楚的以外,在首次出现处必须写出全称并注明以下所用的简称。如新术语尚无合适的中文术语译名可使用原文或译名后加括号注明原文。
- 2.7 用于表示科学计量和具有统计意义的数字要使用阿拉伯数字。
- 2.8 研究对象为人时,须注明试验组、对照组受试者的来源、选择标准及一般情况等。研究对象为试验动物时需注明动物的名称、种系、等级、数量、来源、性别、年龄、体重、饲养条件和健康状况等。动物试验和人体试验均需伦理审查文件。
- 2.9 药品、试剂使用化学名,并注明主要试剂的剂量、单位、纯度、批号、生产单位和日期。
- 2.10 主要仪器、设备应注明名称、型号、生产单位、精密度或误差范围。
- 2.11 图、文字和表格的内容不要重复,图、表应有自明性,即不看正文就能理解图意、表意。
- 2.12 所引的参考文献仅限于作者亲自阅读过的。未公开发表或在非正式出版物上发表的著作如确有必要引用,可用圆括号插入正文或在当页地脚加注释说明。原文作者若不超过 3 人应将作者姓名依次列出,中间用“,”隔开,3 位以上作者则列出前 3 位,逗号后加“等”。参考文献格式如下: