

论著

# 深圳市部分市售禽类制品二噁英污染水平研究

刘 斌<sup>1,2</sup> 张立实<sup>1</sup> 张建清<sup>2</sup> 蒋友胜<sup>2</sup> 周 健<sup>2</sup> 方道奎<sup>2</sup> 黄海燕<sup>2</sup>

(1. 四川大学华西公共卫生学院, 四川 成都 610041;

2. 深圳市疾病预防控制中心, 广东 深圳 518020)

**摘要:**目的 了解深圳市部分市售禽类制品(鸡肉、鸭肉、鸡蛋、鸭蛋)中 17种二噁英污染情况。方法 于 2004 年 12月至 2008年 10月期间,随机采集深圳市市售的 26份禽类样品,参照美国国家环保局 EPA1613方法,采用索式抽提装置和 EMS自动纯化系统分别对样品进行提取和净化,采用同位素稀释技术,用高分辨气相色谱/高分辨双聚焦磁式质谱联用(HRGC/HRMS)的超痕量有机分析技术平台,对样品中的二噁英进行定量分析检测。结果 禽肉中 PCDD/Fs含量(pgWHO-TEQ/g脂肪)范围是 0.03~1.61,平均含量为 0.50;禽蛋中 PCDD/Fs含量范围是 0.22~5.66,平均含量为 1.43。其中有 1份鸡肉和 1份鸡蛋中二噁英含量超过欧盟执行标准,含量分别为 1.61和 5.66。结论 本次调查的禽类制品中二噁英平均含量低于欧洲标准,但个别样品存在二噁英污染现象。

**关键词:**气相色谱/高分辨双聚焦磁式质谱联用仪;同位素稀释;环境污染物;多氯二苯并-对二噁英;多氯二苯并-对呋喃;禽肉;禽蛋

中图分类号:O657.63;O625.21 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2010)01-0006-05

## Contamination of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Polychlorinated Dibenzo-p-Furans in Poultry Products in Shenzhen

LU Bin, ZHANG Li-shi, ZHANG Jian-qing, JIANG You-sheng, ZHOU Jian, FANG Dao-kui, HUANG Hai-yan

(West China School of Public Health, Sichuan University, Sichuan Chengdu 610041, China)

**Abstract: Objective** To reveal the level of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzo-p-furans (PCDFs) in some commercially available poultry products from Shenzhen markets. **Method** Twenty six poultry product samples were collected, extracted and purified, and 17 kinds of PCDD/Fs were determined by isotope dilution HRGC/HRMS from December 2004 to October 2008, in accordance with the method of USEPA 1613. **Results** PCDD/Fs (pgWHO-TEQ/g fat) in poultry meat were in the range of 0.03~1.61 (mean: 0.50); PCDD/Fs in poultry eggs were in the range of 0.22~5.66 (mean: 1.43). PCDD/Fs levels in one poultry meat and one poultry egg sample were 1.61 and 5.66 respectively, which were higher than the EU's executive standards. **Conclusion** The average level of PCDD/Fs in the investigated poultry products was lower than the EU's limits and only individual samples were polluted.

**Key words:** Gas Chromatography/High Resolution Mass Spectrometry; Isotope Dilution; Environmental Pollutant; Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins; Polychlorinated Dibenzo-p-Furans; Poultry Meat; Poultry Egg

二噁英(dioxins)通常包括多氯二苯并-对二噁英(polychlorinated dibenzo-p-dioxins, PCDDs)和多氯二苯并-对呋喃(polychlorinated dibenzo-p-furans, PCDFs)两类化合物。其理化性质稳定,具有亲脂性和生物富集性;毒性效应包括皮肤毒性、神经内分泌毒性、免疫毒性、生殖发育毒性、致畸毒性以及致癌性等,其中毒性最强的 2,3,7,8-四氯二苯基-对二

噁英(2,3,7,8-TCDD)已被国际癌症研究机构(IARC)确定为 I 类致癌物。

人类主要通过被污染的食物暴露于二噁英<sup>[1]</sup>。禽类制品由于其较高的营养价值,成为人们日常膳食中营养的重要来源。在人体摄入这些营养成分的同时,其中二噁英含量的高低也直接影响到人们每日摄入该类化合物的负荷。为确保此类食品消费的安全,本研究室(深圳市疾病预防控制中心二噁英研究实验室)自 2004 年 12月至 2008 年 10月期间,采集深圳市市售的 26 份禽类制品,利用同位素稀释的高分辨气相色谱/高分辨双聚焦磁式质谱联用方法对禽肉和禽蛋制品中的二噁英水平进行了研

收稿日期:2009-09-12

基金项目:深圳市科技局重点资助项目(200701012)

作者简介:刘斌 男 硕士生 研究方向为食品保健功能与安全  
性评价 E-mail: liubin4934196@163.com

通信作者:张建清 女 主任医师

究,从而了解当地该类食品中二噁英污染状况。

## 1 材料与方法

### 1.1 标准品

$^{13}\text{C}$ 标记的 PCDD/PCDFs 标准溶液购自美国 CL (Cambridge Isotope Laboratories) 公司,纯度 98%。稀释配制成  $100\text{ pg}/\mu\text{l}$  应用液,  $-20^\circ\text{C}$  低温保存。

CRM (certified reference material) 标准样品 Cap-2 购自加拿大国家研究委员会。

### 1.2 试剂和仪器

正己烷、二氯甲烷、甲苯、壬烷、乙酸乙酯、苯等有机溶剂均为 Merck 公司农残级试剂。

高分辨气相色谱/高分辨双聚焦磁式质谱联用仪 MA T95XL (美国 Finnigan 公司)。HMS 自动纯化系统 (Power-Prep) 及商品化多层硅胶柱、氧化铝柱和碳吸附柱均购自美国 Fluid Management System 公司。旋转蒸发器 (R-215, 瑞士 BUCHI), 氮吹浓缩仪 (N-EVAP TM12, 美国), 匀浆机 (1095 Sample Mill, 德国 FOSS), 冻干机 (SID, 美国 FTS), 索式抽提装置 (KONTES)。

### 1.3 样品采集

于 2004 年 12 月至 2008 年 10 月期间在深圳市超市随机采集禽肉、禽蛋样品共计 26 份,其中鸡肉 7 份,鸭肉 6 份,鸡蛋 9 份,鸭蛋 4 份,分别进行单个样品 PCDD/Fs 含量的检测。

### 1.4 试样处理和分析

将试样匀浆后,在冻干机内冻干至恒重,然后粉碎成粉末。于提取套筒内准确称取一定量的已经过冻干处理的试样,加入  $10\text{ }\mu\text{l}$   $^{13}\text{C}$  标记的 PCDD/Fs 的定量内标 EDF-8999 溶液,参照文献方法<sup>[2]</sup>和 EPA 1613 方法<sup>[3]</sup>提取试样后将提取液浓缩至约  $5\text{ ml}$ ,将浓缩的提取液转移到 HMS Power Prep 净化系统进行洗脱、净化和富集。将收集到的组分在细小的氮气流下浓缩至近干时转移到  $1\text{ ml}$  Alltech 锥形瓶,加入  $10\text{ }\mu\text{l}$  进样内标 EDF-5999 溶液,上机检测。

### 1.5 仪器条件

气相色谱条件 DB-5MS ( $60\text{ m} \times 0.25\text{ mm} \times 0.25\text{ }\mu\text{m}$ ) 毛细管柱;进样口温度  $280^\circ\text{C}$ ;传输线温度  $280^\circ\text{C}$ ;不分流进样;载气流量  $1.0\text{ ml}/\text{min}$ 。升温程序:  $120^\circ\text{C}$  保持  $1\text{ min}$ ,以  $43^\circ\text{C}/\text{min}$  速度升至  $220^\circ\text{C}$ ,再以  $2.3^\circ\text{C}/\text{min}$  的速度升至  $250^\circ\text{C}$ ,然后以  $50^\circ\text{C}/\text{min}$  的速度升至  $310^\circ\text{C}$  并保持  $10\text{ min}$ 。

质谱分析条件 电离方式: EI 源电子轰击;电子能量  $60\text{ eV}$ ;离子源温度  $260^\circ\text{C}$ ;加速电压  $5000\text{ V}$ ;分辨率  $10\text{ }000$ ;以离子选择性监测 (SM) 模式,同时

监测目标化合物及其同位素内标化合物离子的精确质荷比下的面积。

### 1.6 质量控制

实验全过程严格按照 EPA 1613 方法对样品分析进行质量控制。具体包括:每分析 5 个试样进行一次实验室空白分析;CRM (certified reference material) 标准样品 Cap-2 被用来验证实验方法的有效性。

## 2 结果

### 2.1 禽肉和禽蛋样品中 PCDD/Fs 浓度分析

表 1 是禽类样品中 PCDD/Fs 分析结果,禽肉样品中 PCDD/Fs 的平均浓度和范围分别是:  $11.80$  和  $0.69 \sim 52.80\text{ pg}/\text{g}$  脂肪,禽蛋样品 PCDD/Fs 的平均浓度和范围分别是:  $36.97$  和  $3.38 \sim 157.30\text{ pg}/\text{g}$  脂肪。按照 WHO 1998 年毒性当量因子 (TEF)<sup>[4]</sup> 进行计算,禽肉样品中 PCDD/Fs 毒性当量浓度范围是  $0.03 \sim 1.61\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪,平均含量为  $0.50\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪;禽蛋样品中 PCDD/Fs 毒性当量浓度范围是  $0.22 \sim 5.66\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪,平均含量为  $1.43\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪。禽蛋样品的 PCDD/Fs 平均浓度和毒性当量浓度均明显高于禽肉样品,分别约是禽肉样品的 4 倍和 3 倍。

禽肉样品与禽蛋样品中 PCDD/Fs 的平均含量均低于欧盟标准<sup>[5,6]</sup>;但是本研究发现,禽肉制品中有 1 份鸡肉样品中 PCDD/Fs 含量为  $1.61\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪,超过欧盟执行标准 ( $1.5\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪),但未超过欧盟规定的最高标准 ( $2.0\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪);禽蛋制品中有 1 份鸡蛋样品中 PCDD/Fs 含量为  $5.66\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪,超过欧盟规定的最高标准 ( $3.0\text{ pgWHO-TEQ}/\text{g}$  脂肪)。

### 2.2 质量控制样品结果

由表 2 可知,3 次检测结果的平均值均在标准参考值的范围内,相对标准偏差在 20% 以内,说明本检测方法准确、检测体系稳定。

### 2.3 禽类制品中 PCDD/Fs 污染特征分析

由图 1 可见,禽肉和禽蛋样品中 PCDD/Fs 均以 OCDD 为最主要的优势污染物,分别占总浓度的 59.0% 和 69.5%;其次是 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD,分别占总浓度的 12.1% 和 7.6%。PCDDs 在禽肉和禽蛋中的贡献率分别占总浓度的 77.8% 和 79.14%。说明无论是禽肉还是禽蛋,均以 PCDDs 为主要的污染物,二者有高度的一致性。

由图 2 可见,禽肉和禽蛋制品中 PCDD/Fs 总毒性当量浓度 (TEQ) 贡献率以 2,3,4,7,8-PeCDF

表 1 市售禽肉和禽蛋样品中 PCDD/Fs含量 (pg/g脂肪)

同系物	禽肉 (n=13)		禽蛋 (n=13)	
	平均浓度	WHO-TEQ 浓度	平均浓度	WHO-TEQ 浓度
2,3,7,8-TCDF	0.61	0.06	1.40	0.14
1,2,3,7,8-PeCDF	0.18	0.01	1.26	0.06
2,3,4,7,8-PeCDF	0.29	0.15	1.24	0.62
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.30	0.03	1.23	0.12
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.20	0.02	0.72	0.07
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.17	0.02	0.47	0.05
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.02	0.00	0.06	0.01
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.38	0.00	0.92	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.10	0.00	0.12	0.00
OCDF	0.37	0.00	0.29	0.00
2,3,7,8-TCDD	0.01	0.01	0.03	0.04
1,2,3,7,8-PeCDD	0.12	0.12	0.21	0.22
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.35	0.04	0.11	0.01
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.20	0.02	0.31	0.03
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.12	0.01	0.07	0.01
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	1.42	0.02	2.82	0.03
OCDD	6.96	0.00	25.71	0.00
PCDF	2.62	0.29	7.71	1.08
PCDD	9.18	0.21	29.26	0.35
PCDD/Fs	11.80	0.50	36.97	1.43
PCDD/Fs(范围)	(0.69~52.80)	(0.03~1.61)	(3.38~157.30)	(0.22~5.66)

注:化合物水平低于检测限时,以 1/2检测限计。2,3,7,8-TCDF:2,3,7,8四氯二苯基呋喃 (2,3,7,8-tetra-chloro-dibenzo-furan);

1,2,3,7,8-PeCDF:1,2,3,7,8五氯二苯基呋喃 (1,2,3,7,8-penta-chloro-dibenzo-furan);

2,3,4,7,8-PeCDF:2,3,4,7,8五氯二苯基呋喃 (2,3,4,7,8-penta-chloro-dibenzo-furan);

1,2,3,4,7,8-HxCDF:1,2,3,4,7,8六氯二苯基呋喃 (1,2,3,4,7,8-hexa-chloro-dibenzo-furan);

1,2,3,6,7,8-HxCDF:1,2,3,6,7,8六氯二苯基呋喃 (1,2,3,6,7,8-hexa-chloro-dibenzo-furan);

2,3,4,6,7,8-HxCDF:2,3,4,6,7,8六氯二苯基呋喃 (2,3,4,6,7,8-hexa-chloro-dibenzo-furan);

1,2,3,7,8,9-HxCDF:1,2,3,7,8,9六氯二苯基呋喃 (1,2,3,7,8,9-hexa-chloro-dibenzo-furan);

1,2,3,4,6,7,8-HpCDF:1,2,3,4,6,7,8七氯二苯基呋喃 (1,2,3,4,6,7,8-hepta-chloro-dibenzo-furan);

1,2,3,4,7,8,9-HpCDF:1,2,3,4,7,8,9七氯二苯基呋喃 (1,2,3,4,7,8,9-hepta-chloro-dibenzo-furan);

OCDF:八氯二苯基呋喃 (octa-chloro-dibenzo-furan);

2,3,7,8-TCDD:2,3,7,8四氯二苯基对二噁英 (2,3,7,8-tetra-chloro-dibenzo-p-dioxin);

1,2,3,7,8-PeCDD:1,2,3,7,8五氯二苯基对二噁英 (1,2,3,7,8-penta-chloro-dibenzo-p-dioxin);

1,2,3,4,7,8-HxCDD:1,2,3,4,7,8六氯二苯基对二噁英 (1,2,3,4,7,8-hexa-chloro-dibenzo-p-dioxin);

1,2,3,6,7,8-HxCDD:1,2,3,6,7,8六氯二苯基对二噁英 (1,2,3,6,7,8-hexa-chloro-dibenzo-p-dioxin);

1,2,3,7,8,9-HxCDD:1,2,3,7,8,9六氯二苯基对二噁英 (1,2,3,7,8,9-hexa-chloro-dibenzo-p-dioxin);

1,2,3,4,6,7,8-HpCDD:1,2,3,4,6,7,8七氯二苯基对二噁英 (1,2,3,4,6,7,8-hepta-chloro-dibenzo-p-dioxin);

OCDD:八氯二苯基对二噁英 (octa-chloro-dibenzo-p-dioxin); PCDFs:多氯代二苯并呋喃 (polychlorinated-dibenzo-p-furan);

PCDDs:多氯代二苯并对二噁英 (polychlorinated-dibenzo-p-dioxins)。

表 2 国际 CRM 标准样品 Cap-2中 PCDD/Fs检测结果

同系物	检测结果 (n=3)		参考值 (ng/kg湿重)
	平均值 (ng/kg湿重)	RSD (%)	
2,3,7,8-TCDD	7.3	6.8	7.4 ±0.7
1,2,3,7,8-PeCDD	4.9	12.2	5.3 ±1.2
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.9	3.2	1.6 ±0.3
1,2,3,6,7,8-HxCDD	6.4	1.2	5.8 ±0.8
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.8	10.9	0.8 ±0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	7.1	12.7	6.4 ±0.9
OCDD	9.5	15.4	9.4 ±1.7
2,3,7,8-TCDF	18.4	1.1	18.2 ±1.6
1,2,3,7,8-PeCDF	5.5	3.6	5.6 ±0.3

注:检测的 CRM 样品证书中未包含所有 PCDD/Fs单体,仅提供了上述化合物标准值。同系物名称同表 1。

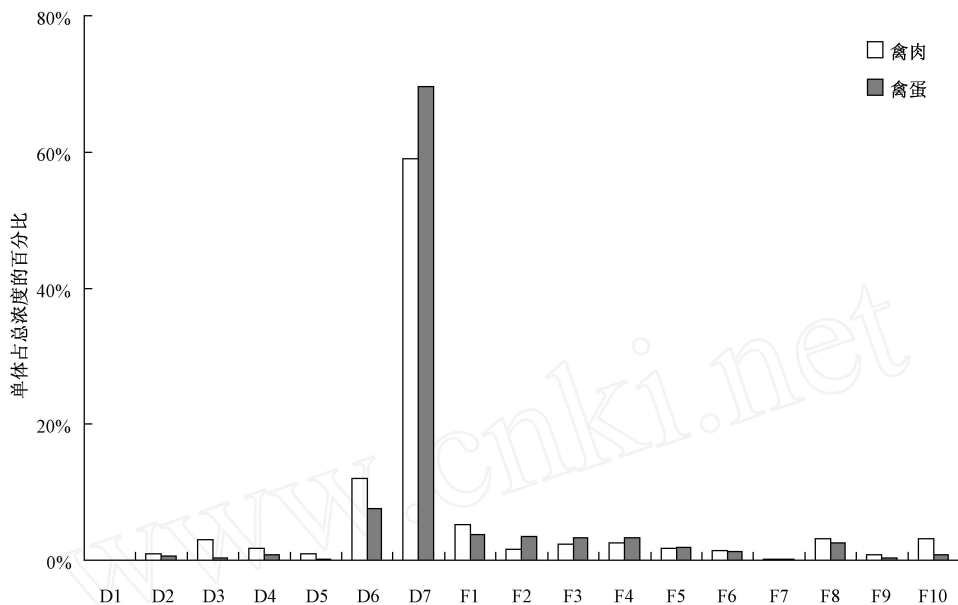
表 3 禽类制品二噁英摄入量结果

种类	脂肪含量 (%)	消费量 (g/d)	WHO-TEQ (pg/g脂肪)	摄入量 (pgWHO-TEQ · kg <sup>-1</sup> · d <sup>-1</sup> )
禽肉	18.1	48.1	0.50	0.07
禽蛋	12.6	22.4	1.43	0.07

注:食品消费量参照深圳市卫生局居民膳食调查结果。

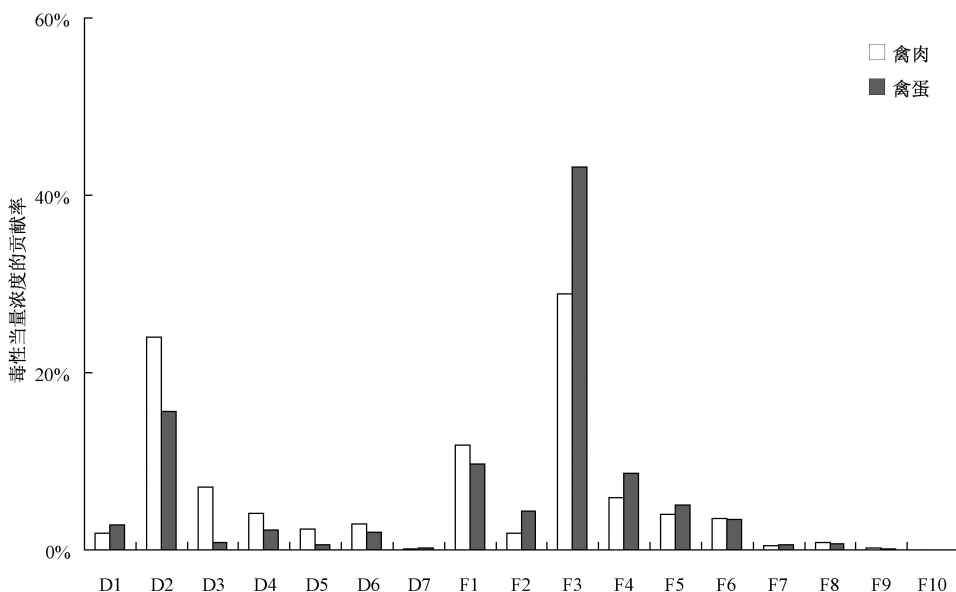
1,2,3,7,8-PeCDD和 2,3,7,8-TCDF 3种为主,3种合计分别占到总 TEQ的 65.0%和 68.5%。

2.4 禽类制品 PCDD/Fs摄入量评估见表 3,该市居民 (以 60 kg健康成年男性为标准)每日因食用禽类制品二噁英摄入量为 0.14 pgWHO-TEQ/kg



注: D1: 2, 3, 7, 8-TCDD; D2: 1, 2, 3, 7, 8-PeCDD; D3: 1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD; D4: 1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD; D5: 1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD; D6: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD; D7: OCDD; F1: 2, 3, 7, 8-TCDF; F2: 1, 2, 3, 7, 8-PeCDF; F3: 2, 3, 4, 7, 8-PeCDF; F4: 1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF; F5: 1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF; F6: 2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF; F7: 1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF; F8: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF; F9: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF; F10: OCDF。同系物名称同表 1。

图 1 市售禽类制品 PCDD /Fs污染特征



注: D1: 2, 3, 7, 8-TCDD; D2: 1, 2, 3, 7, 8-PeCDD; D3: 1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD; D4: 1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD; D5: 1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD; D6: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD; D7: OCDD; F1: 2, 3, 7, 8-TCDF; F2: 1, 2, 3, 7, 8-PeCDF; F3: 2, 3, 4, 7, 8-PeCDF; F4: 1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF; F5: 1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF; F6: 2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF; F7: 1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF; F8: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF; F9: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF; F10: OCDF。同系物名称同表 1。

图 2 PCDD /Fs同系物对总 TEQ的贡献率

### 3 讨论

通过研究初步了解了当地禽类样品中二噁英污染水平。当地禽肉和禽蛋样品中二噁英的平均含量分别为 0.50和 1.43 pgWHO-TEQ /g脂肪,均低于欧盟标准。欧盟标准中规定,禽肉制品和禽蛋制品中 PCDD /Fs的执行标准分别为 1.5和 2.0 pgWHO-TEQ /g脂肪。禽蛋样品的 PCDD /Fs平均浓度和毒性当量浓度均明显高于禽肉样品,一定程度上说明二噁英类物质的高生物蓄积性。

在调查的 26份禽类制品样品中有 2份超过欧盟标准,分别是 1份鸡肉样品 (1.61 pgWHO-TEQ /g脂肪)和 1份鸡蛋样品 (5.66 pgWHO-TEQ /g脂肪)。对样品进行来源追溯,发现均来自南方某省农家散养模式下生产出的产品。有研究报道,散养模式下生产出的禽类产品二噁英含量要高于笼养模式下生产的同类产品<sup>[7]</sup>。此次样品超标,原因可能是禽类饲喂环境二噁英本底水平较高,或者喂养饲料受到二噁英污染,从而使二噁英在鸡体内富集,最终导致

禽肉和禽蛋受到二噁英的污染。

与国外研究相比较发现,欧美等国家食品中二噁英主要来源于鱼类、奶类、畜肉类等制品<sup>[1, 8-10]</sup>,而较少来自禽类食品。但在中国和日本等国家,禽类食品,尤其是禽蛋类食品也是食物中二噁英污染物的重要来源<sup>[11, 12]</sup>。

欧洲国家禽肉类和禽蛋类食品中二噁英水平分别为 0.52 和 1.19 pgWHO-TEQ/g脂肪<sup>[13]</sup>;日本禽类食品二噁英水平约 1.09 pgWHO-TEQ/g脂肪<sup>[14]</sup>;韩国禽肉类食品二噁英水平为 0.040 pgWHO-TEQ/g脂肪<sup>[15]</sup>;中国台湾禽蛋类食品二噁英水平为 0.90 pgWHO-TEQ/g脂肪,鸡肉和鸭肉中二噁英水平分别为 0.71 和 0.90 pgWHO-TEQ/g脂肪<sup>[16]</sup>。本市禽肉类食品二噁英污染水平与欧洲国家十分接近,但是高于韩国,略低于日本和中国台湾;禽蛋类食品二噁英污染水平高于欧洲国家和中国台湾。

深圳居民每日食用禽类制品二噁英摄入量为 0.14 pgWHO-TEQ/kg,远低于 WHO (1~4 pgWHO-TEQ/kg) 和 欧盟食品科学委员会 (2 pgWHO-TEQ/kg) 的设定值,但是设定值是针对每日所有食品二噁英摄入量制定的,所以单独进行安全性评价不够全面,今后仍需对当地各类食品二噁英含量水平进一步了解后才能做出客观而全面的评价。

由于我国在各类食品二噁英污染限量标准的制定方面还是空白,因此,本研究参照在国际上有一定影响度的欧盟食品二噁英限量标准作为评价标准。本次研究结果显示,该市禽类样品中二噁英含量总体水平远低于欧盟限量标准,但也存在个别样品的超标现象,因此要引起重视,加强长期的日常监测,保证禽类食品的安全,保障人群健康。同时,本研究数据为制定适合我国国情的食品中二噁英污染限量标准,提供一些有价值的本底数据。

## 参考文献

- [ 1 ] CHARNLEY G, DOULL J. Human exposure to dioxins from food, 1999 - 2002 [J]. *Food Chem Toxicol*, 2005, 43 (5): 671-679.
- [ 2 ] 张建清, 李敬光, 吴永宁, 等. 同位素稀释的气相色谱-高分辨质谱联用测定食品中二噁英和共平面多氯联苯 [J]. *分析化学*, 2005, 33(3): 296-300.
- [ 3 ] US Environmental Protection Agency. Method 1613: Tetra-through Octa-chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS[S].
- [ 4 ] van DEN BERG M, BERNBAUM L, BOSVELD A T, et al. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife [J]. *Environ Health Perspect*, 1998, 106 (12): 775-792.
- [ 5 ] Commission Regulation (EC) No 199/2006 of 3 February 2006 amending Regulation (EC) No 466/2001 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards dioxins and dioxin-like PCBs [Z]. 2006.
- [ 6 ] Commission Recommendation of 6 February 2006 on the reduction of the presence of dioxins, furans and PCBs in feedingstuffs and foodstuffs (2006/88/EC) [Z]. 2006.
- [ 7 ] SCHOETERS G, HOOGENBOOM R. Contamination of free-range chicken eggs with dioxins and dioxin-like polychlorinated biphenyls [J]. *Mol Nutr Food Res*, 2006, 50 (10): 908-914.
- [ 8 ] FATTORE E, FANELLI R, TURRINI A, et al. Current dietary exposure to polychlorodibenzo-p-dioxins, polychlorodibenzo-furans, and dioxin-like polychlorobiphenyls in Italy [J]. *Mol Nutr Food Res*, 2006, 50(10): 915-921.
- [ 9 ] TARD A, GALLOTTI S, LEBLANC J C, et al. Dioxins, furans and dioxin-like PCBs: occurrence in food and dietary intake in France [J]. *Food Addit Contam*, 2007, 24 (9): 1007-1017.
- [ 10 ] BOOBIS A R, OSSENDORP B C, BANASIAK U, et al. Cumulative risk assessment of pesticide residues in food [J]. *Toxicol Lett*, 2008, 180 (2): 137-150.
- [ 11 ] LI Jing-guang, WU Yong-ning, ZHANG Lei, et al. Dietary intake of polychlorinated dioxins, furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls from foods of animal origin in China [J]. *Food Addit Contam*, 2007, 24(2): 186-193.
- [ 12 ] SASAMOTO T, USHIO D F, KIKUTANI N, et al. Estimation of 1999 - 2004 dietary daily intake of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs by a total diet study in metropolitan Tokyo, Japan [J]. *Chemosphere*, 2006, 64 (4): 634-641.
- [ 13 ] European Commission, Health and Consumer Protection Directorate-General, 2000. Opinion of the Scientific Committee on Food on the Risk Assessment of Dioxins and Dioxin-like PCBs in Food [Z].
- [ 14 ] MATO Y, SUZUKI N, KATATANI N, et al. Human intake of PCDDs, PCDFs, and dioxin like PCBs in Japan, 2001 and 2002 [J]. *Chemosphere*, 2007, 67 (9): S247-S255.
- [ 15 ] KM M, KM S, YUN S J, et al. Background levels and dietary intake of PCDD/Fs in domestic and imported meat in South Korea [J]. *Chemosphere*, 2007, 69 (3): 479-484.
- [ 16 ] HSU M S, HSU K Y, WANG S M, et al. A total diet study to estimate PCDD/Fs and dioxin-like PCBs intake from food in Taiwan [J]. *Chemosphere*, 2007, 67 (9): S65-S70.