

食用油脂中多环芳烃污染来源及控制技术研究展望*

乌日娜,金芬,杨莉莉,李永飞,江泽军,张鹏,邵华,金茂俊,郑鹭飞,王珊珊,余永新,王静

(中国农业科学院 农业质量标准与检测技术研究所,农业部农产品质量安全重点实验室,北京,100081)

摘 要 多环芳烃(PAHs)作为持久性有机污染物,近年来引发的食用油脂的质量安全事件时有发生,引起了全社会的关注。文中综述了多环芳烃的物理化学性质及其毒性,对油脂中污染水平进行了分析,并对油脂中出现多环芳烃污染的可能来源、控制技术和脱除方法进行了阐述。

关键词 食用油脂;多环芳烃;污染来源;控制技术;脱除方法

多环芳烃(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)是指分子中含有2个或2个以上苯环或环戊二烯稠和而成的一类化合物,可分为轻质多环芳烃和重质多环芳烃,重质多环芳烃在环境中的稳定性和毒性更强^[1]。当前发现400多种PAHs的单体化合物及其衍生物,其中以苯并芘(BaP)致癌性最强。美国环保局(USEPA)依据PAHs在环境中分布的普遍性及毒性以及人群暴露和健康风险程度,规定了16种PAHs为优先控制污染物^[2],联合国欧洲经济委员会规定PAHs为《长距离越境空气污染物公约》污染物之一,而联合国环境规划署化学品处发布的《持久性有毒污染物区域评价报告》也指出,PAHs是包括中国在内的东北亚和中亚地区需要特别关注的污染物。

1 PAHs的理化性质及毒性

大多数PAHs在室温下为固态,三环以上PAHs是无色或淡黄色的结晶。熔点及沸点较高,轻质PAHs蒸汽压和亨利常数较高,多分布在气相;重质PAHs蒸汽压和亨利常数较低,多附着在颗粒物表面。PAHs大多不溶于水,易溶于苯类芳香性溶剂中,微溶于其他有机溶剂中,这一性质使得PAHs类物质很容易富集在食用油中。

PAHs对人类有致癌性,致畸性和致突变毒性,能干扰内分泌系统,侵害中枢神经,破坏肝脏功能和DNA修复能力。邓棋霏等^[3]报道了PAHs的健康损害,包括遗传损伤、氧化应激和免疫应答反应与自主神经功能失调;以及长期大量接触PAHs所引起的职

业病,包括焦炉工肺癌、职业性皮肤病和职业性黑变病。蒋红等^[4]报道了PAHs具有急性毒性、致癌性、光诱导毒性和生物积累性。魏俊飞等^[5]提出PAHs在紫外光辐射下产生光诱导毒性,PAHs可以吸收光谱区UV-A(320~400 nm)和UV-B(290~320 nm)的光线,从而改动其构造,增加其毒性。食品是人类暴露PAHs的重要途径之一,人体可通过食物摄入PAHs形成长期或潜在危害^[6]。研究显示土耳其等地区的传统食物利用燃料油进行烘烤加工,致使BaP的浓度很高,是该区域致癌的重要原因之一。López-Abente等^[7]评估了BaP的摄入量与临床上结肠肿瘤的危害关系,通过多变量分析发现结肠肿瘤的风险与BaP的全部食物摄入量成正相关。此外,由于PAHs具有高辛醇比分配系数表明PAHs具有亲脂性(详见表1),食用油脂更易遭受PAHs的污染。有报道称含有PAHs的油脂将加剧PAHs在肠道中的吸收^[8],从而给人类健康带来极大威胁。

因此,本文重点关注食用油脂中的PAHs,对食用油脂中PAHs的污染水平、可能来源及相关控制技术进行了综述。

2 食用油脂中PAHs的污染水平

饮食暴露是人类暴露PAHs的主要来源之一,其中油脂与肉及肉制品、谷物等共同列为膳食暴露的主要来源^[8]。当前德国油脂科学学会(DGF)推荐油脂中重质PAHs控制值为5 μg/kg,推荐油脂中PAHs总量控制值为25 μg/kg^[10]。2011年欧盟委员会公布Regulation (EC) No 835/2011 法例,更新了食品中PAHs的残留限量标准,规定以食物中4种PAHs的总含量(苯并[α]芘、苯并[α]蒽、苯并[β]荧蒽和

第一作者:硕士研究生(金芬副研究员为通讯作者,E-mail:jinfenbj@163.com)。

* 国家科技支撑计划项目(No. 2012BAD29B03)

收稿日期:2015-02-15,改回日期:2015-05-20

表 1 美国国家环境保护局 (USEPA) 优先控制的 16 种多环芳烃化合物
Table 1 The U. S. environmental protection agency (USEPA) priority control of 16 kinds of PAHs

化合物名称	英文缩写	环数	CAS 数	logKow[9]
萘 naphthalene	Nap	2	91-20-3	3.37
苊 acenaphthene	Ace	3	83-32-9	4.54
苊烯 acenaphthylene	Acy	3	208-96-8	4.00
芴 fluorene	Flu	3	86-01-8	4.18
蒽 chrysene	Chr	4	218-01-9	5.86
菲 phenanthrene	Phe	3	85-01-8	4.57
蒽 anthracene	Ant	3	120-12-7	4.54
芘 pyrene	Pyr	4	129-00-0	5.18
苯并[a]蒽 benzo[a]anthracen	Ba ^a	4	56-55-3	5.91
苯并[a]芘 benzo[a]pyrene	BaP	5	50-32-8	6.04
荧蒽 fluoranthene	Fl ^a	4	206-44-0	5.22
苯并[b]荧蒽 benzo[b]fluoranthene	BbF	5	205-99-2	5.80
苯并[k]荧蒽 benzo[k]fluoranthene	BkF	5	207-08-9	6.00
茚并[1,2,3-cd]芘 indeno(1,2,3-cd)pyrene	IcdP	6	193-39-5	5.81
二苯并[a,h]蒽 dibenzo(a,h)anthracene	DB[ah] ^a	5	53-70-3	6.75
苯并[g,h,i]芘 benzo(g,h,i)perylene	BghiP	6	191-24-2	6.50

蒽)作为评价 PAHs 污染指标,4 种 PAHs 总量限量标准是 10 μg/kg,油脂中 BaP 的限量是 2 μg/kg^[11]。Menichini 等^[12]检测了意大利市场上橄榄油及初榨橄榄油中 28 种 PAHs 的含量水平,全部样品均检出三至四环的 PAHs,其中菲、芘和芴的浓度范围分别为 4~41,2~14 及 3~15 μg/kg。Moret 等^[13]报道了橄榄油中 14 种 PAHs 的浓度,其中总 PAHs 和 BaP 的含量分别为 2.946~143.124 μg/kg 和 <LOQ~1.210 μg/kg。

我国《GB 2762-2012 食品安全国家标准食品中污染物限量》规定了 BaP 在油脂及其制品限量为 10 μg/kg^[14],但未规定 16 种 PAHs 的总量标准。段小丽等^[15]发现在 9 种植物原油中,椰子油中总 PAHs 含量最高,为 1 039.0 μg/kg,其次是棕榈仁油(102.3 μg/kg)、葵花籽油(78.3 μg/kg)和花生油(56.4 μg/kg)。董广彬等^[16]测定了 259 份国内外食用植物油, BaP 的检出率为 98.5%。陈嘉聪等^[17]测定了在 200℃条件下各食用油中 PAHs 类物质总量。其浓度由高到低的顺序为:大豆油(45.4 μg/kg)>玉米油(43.4 μg/kg)>花生油(28.2 μg/kg)>葵花籽油(16.1 μg/kg)。于维森等^[18]抽取了花生油、大豆油、玉米油、调和油、香油和色拉油等 96 份青岛市售植物油(散装油和包装油),16 种 PAHs 总量范围为 19.5~2 253.7 μg/kg,平均值为 252.3 μg/kg。与国外报道的 PAHs 浓度相比,我国食用油脂中 PAHs 浓度水平与其相当,这可能与目前我国植物油加工工艺技术与国外同类技术水平相当有关。

3 食用油脂中 PAHs 的可能来源

研究显示植物油本身很少含有重质 PAHs,植物油中的 PAHs 关键源自油料在收割、搬运、干燥和加工过程中与不完全燃烧或热解燃气直接接触产生。因此,食用油脂中 PAHs 的来源主要包括以下 3 个部分,即原材料的污染、油料和油脂加工过程的引入和包装材料的迁移污染。

3.1 原材料的污染

由于环境污染的不断恶化,工业废气、废水和废渣排放及人类日常生活产生的废气、废水,致使大气、水质和土壤的污染,油料在种植阶段就遭到 BaP 污染^[19]。目前报道的 PAHs 向农作物中迁移主要有 2 个途径:一是各种肥料、污泥、垃圾和某些芳香类农药中的 PAHs 通过根皮层等被农作物吸收;二是植物地面上叶片吸收大气中的 PAHs。通常轻质 PAHs 水溶性相对较高,易被作物吸收,故含量比重质 PAHs 较高。李永和^[20]报道了我国 5 省市工业区和非工业区取测的 193 个样品,结果表明油料作物 PAHs 污染非常普遍,所有样品均测出 BaP,最高含量为 8.2 μg/kg。Sagredos 等^[21]调查了菜籽毛油 PAHs 的污染情况,其中轻质 PAHs 的含量为 3~276 μg/kg,平均含量为 38 μg/kg;重质 PAHs 浓度为 1~20 μg/kg,平均含量为 6 μg/kg。油脂原料的安全性与其生长环境中空气、水质、土壤等条件密切相关,油脂原料中的 PAHs 污染可通过空气沉降、土壤及水由根系的主动运输而造成。

3.2 油料和油脂加工过程的引入

在对油脂原料的清理、粉碎、轧坯、榨油等过程中,油料和机械的接触可能将润滑油(矿物油)中的BaP转移到油料或油脂中^[22]。油料中的杂质、灰尘等对油脂中PAHs的影响是非常明显的。Cejpek等^[23]研究了油菜籽经过清理、去除固体颗粒杂质后,其轻质PAHs含量降低36%,重质PAHs含量下降64%。由于处理的程度不同,油料污染PAHs的程度也不同,或者不同部位的含量也不同。

油脂加工工艺的热加工过程中的温度不易控制,如果温度控制不当(过高温度和过长时间)将可能导致原料局部受热致其烧焦,蛋白质和脂肪发生化学反应,生成BaP,就会残留在原料的外壳上^[24]。特别是高温干燥或高温焙炒工艺对PAHs的产生影响最大。Moret等^[25]分别研究由干燥前后葡萄籽压榨的葡萄籽油中PAHs含量,发现由干燥前葡萄籽压榨的油中BaP含量在0.9~2.4 μg/kg,而由干燥后葡萄籽压榨的油脂中BaP含量则升高至8.6~44.3 μg/kg。干燥过程对重质PAHs的形成有显著促进作用。类似结论也在Moreda^[26]研究中有报道。另外,研究表明油料在热加工过程中由于与燃烧气体或烟尘直接接触,也会导致PAHs含量升高,但后续的油脂精炼过程将可能降低PAHs的含量。有研究证明葵花籽油、大豆油以及橄榄油精炼后,PAHs含量分别降低71%、88%和85%^[27],其中以脱色和脱臭等工艺对脱除PAHs贡献最大。这表明,精炼对污染较重的油料加工是非常必要的,在油脂加工过程中,不能单纯强调纯压榨优越性,而忽视未经精炼工艺带来的安全风险。此外,油脂在使用过程中因油温过高、重复加热,也会生成PAHs类物质^[28],食用植物油高温加热后BaP含量是加热前的2.33倍,且油烟雾中含量更高^[29]。研究表明,反复使用的高温植物油、油炸过度的食物都会形成BaP,煎炸时所用油温越高,产生的BaP越多^[30]。

目前食用植物油的提取方式主要是采用溶剂浸出法,选用浸出法制油时,若溶剂质量不合格,轻汽油中含有较高的PAHs也会造成油脂的污染。肖苏尧等^[31]报导了浸出过滤后茶油BaP含量剧烈上涨,达到2.54 μg/kg,为全部工艺中的最大值。因此,严格控制油脂加工环节中加热过程的温度以及提取溶剂的质量将是影响油脂中PAHs类物质含量高低的关键因素。

3.3 包装材料的迁移污染

目前,高脂食品多采用塑料包装,在生产和加工中会添加各类助剂,如增塑剂、着色剂、抗氧化剂等,并且可能残存各种残留单体。而脂质是一种良好溶剂,会导致包装材料中部分物质发生溶解和迁移,致使食品遭受污染。印刷油墨中含有的炭黑包含多种致癌性PAHs,尤以BaP的含量较高。当食品包装纸的油墨未干时,炭黑中的PAHs可以直接污染食品。包装纸上的不纯石蜡油可以使食品受到PAHs污染,不纯石蜡纸中的PAHs还可污染牛奶^[30]。毛明英等^[32]测定了一些食品塑料包装当中的PAHs含量,发现当向聚酯(PET)和聚碳酸酯(PC)等添加回收塑料时,包装材料PAHs含量会大量增加,造成食品的潜在安全问题。Scimko等^[33]指出植物油用聚乙烯原料包装贮藏时,植物油中PAHs浓度与贮藏时间的平方根成正比。

4 食用油脂中PAHs的控制技术与去除方法

研究显示引起食用油脂中PAHs含量升高的关键要素包括油料污染及油脂加工过程污染。因此,控制食用油脂原料与加工污染源需要做到以下几点^[34]:(1)控制作物生长环境,选择合适区域进行种植,减少环境因素带来的污染,同时选择质量良好原材料进行加工;(2)尽可能缩小油料在机械收割、运输、加工等工艺中与污染源接触;(3)采取油料适合的干燥方法并控制油料科学的水分含量;(4)优化产品加工工艺,对热加工方式、加工时间和加工温度进行完善,以减少加工过程带来PAHs污染;(5)限制浸提溶剂中的PAHs含量;(6)挑选新式安全浸提溶剂;(7)改进油料包装材料,选择合适包材和储藏方式,降低因为迁移而导致的PAHs污染。

4.1 精炼工艺对PAHs含量的影响

油脂精炼过程能在一定程度上降低油脂中PAHs的含量。常规的油脂精炼工艺通常包括脱胶、脱酸、脱色和脱臭。王建华等^[35]测定了辣椒油中16种PAHs的含量在精炼工艺后的变化,发现毛油经过脱酸、脱色和脱臭工艺后,16种PAHs的含量降低了59%~96%。Cejpek等^[23]讨论了菜籽油在加工和储藏过程中PAHs的变化,指出从毛油到脱臭工艺后BaP和BaA浓度在大部分产品中明显降低。其中轻质PAHs在脱胶环节去除率为30%;而脱酸和脱色环节轻质PAHs去除率为10%;在脱臭工艺环节,轻质PAHs去除率最高为40%。而重质PAHs在脱胶、脱酸和脱色环节后去除10%,而经过脱臭工艺后去除

30%。

4.1.1 脱色对 PAHs 含量的影响

活性炭对降低食用油脂中 PAHs 水平起着至关重要的作用,在欧洲通常用于处理含有重质 PAHs 的油脂,但在我国油脂生产企业却较少使用。巩宗强等^[36]提出,植物油中 PAHs 在活性炭 F400 和 F300 上的吸附量最大,分别为 55.39 $\mu\text{g/g}$ 和 23.82 $\mu\text{g/g}$ 。张根旺等^[22]报道了对 PAHs 含量超出 1 000 $\mu\text{g/kg}$ 的油脂,通常活性炭添加量为油质量的 1.5%;而对于 PAHs 含量小于 100 $\mu\text{g/kg}$ 的油脂,活性炭添加量为油质量的 0.1%~0.2%。罗凡等^[37]指出活性炭对脱除油茶籽油中的 BaP 成效显著,当活性炭添加量增加到 3%,油茶籽油中的 BaP (7.12 $\mu\text{g/kg}$) 基本可以彻底脱除。因此,活性炭处理对于去除重质 PAHs 非常有效。

4.1.2 脱臭对 PAHs 含量的影响

俞晔^[38]在实验室条件下模拟了脱臭工艺,测得脱臭豆油中 PAHs 的脱除率为 7.2%~100%,其脱除率与 PAHs 的沸点相关,因而沸点较低的轻质 PAHs 易挥发脱除。

综上所述,脱色和脱臭等油脂精炼工艺能去除油脂中部分 PAHs,其中脱色过程中加入适量的活性炭可以有效地去除油脂中的 PAHs;脱臭对于去除油脂中的轻质 PAHs 具有明显成效,但对脱除重质 PAHs 效果不如轻质 PAHs 效果明显。

4.2 其他去除方法

4.2.1 化学氧化法

目前采用化学氧化法的应用较少,该方法主要应用在有机废水处理^[39]以及土壤处理过程中。主要包括光氧化和化学氧化。在光氧化历程中,PAHs 在光诱发所产生的单线态氧、臭氧或羟基游离基的作用下发生氧化降解;化学氧化主要有臭氧氧化和氯化 2 种^[39],而臭氧氧化法去除 PAHs 的效果最好,巩宗强等^[39]用紫外线和 10% H_2O_2 ,在 pH 值为 3 的条件下处理植物油,PAHs 的去除率最高为 81%。

4.2.2 生物修复

生物修复包括微生物降解、酶催化氧化、植物修复和植物-微生物联合修复,在环境和土壤修复中去除 PAHs 有所应用^[40-43],而在食用油脂中控制 PAHs 还未见报道。

5 结语

食用油脂中 PAHs 的污染已经引起世界各国的

广泛重视。针对我国目前作坊式炼油工艺仍在广大农村及地区普遍存在的现状,为确保油脂的质量安全,生产企业和监管部门应从原料安全抓起,选用科学合理的油料提取和精炼工艺,控制油脂生产中 PAHs 的形成。同时,加强对存在 PAHs 风险的关键控制点进行 PAHs 的监测,有效确保我国食用油脂的安全。

参 考 文 献

- [1] Thongsuk Payanan, Natchanun Leepipatpiboon, Puttaruksa Varanusupakul. Low-temperature cleanup with solid-phase extraction for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils by reversed phase liquid chromatography with fluorescence detection [J]. Food Chemistry, 2013, 141: 2 720 - 2 726.
- [2] 段小丽, 陶澍, 徐东群, 等. 多环芳烃污染的人体暴露和健康风险评价方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011: 1.
- [3] 邓棋霏, 郭欢, 张晓敏, 等. 多环芳烃的健康损害及其健康监护 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2014, 32 (2): 149 - 151.
- [4] 蒋红, 赵胤, 申屠献忠. 纺织行业中多环芳烃的危害及其替代研究 [J]. 染整技术, 2013, 35 (9): 3 - 17.
- [5] 魏俊飞, 吴家强, 焦文娟. 多环芳烃的毒性及其治理技术研究 [J]. 污染防治技术, 2008, 21 (3): 65 - 69.
- [6] Vasiluk L, Pinto Lj, Tsang WS, et al. The uptake and metabolism of benzo [a] pyrene from a sample food substrate in an in vitro model of digestion [J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46 (2): 610 - 618.
- [7] López-Abente G, Sanz-Anquela J M, González C A. Consumption of wine stored in leather wine bottles and incidence of gastric cancer [J]. Archives of Environmental Health, 2001, 56 (6): 559 - 561.
- [8] Amzad Hossain M, Salehuddin S M. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in edible oils by gas chromatography coupled with mass spectroscopy [J]. Arabian Journal of Chemistry, 2012, 5: 391 - 396.
- [9] 李小林, 荆国华, 周作明, 等. 多环芳烃沸点和辛醇/水分配系数的 QSPR 研究 [J]. 计算机与应用化学, 2010, 27 (4): 528 - 532.
- [10] Wretling S, Eriksson A, Eskhult G, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Swedish smoked meat and fish [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2010, 23 (3): 264 - 272.
- [11] 赵冰, 任琳, 李家鹏, 等. 传统肉制品中多环芳烃来源和检测方法研究进展 [J]. 肉类研究, 2012, 26 (6): 50 -

- 53.
- [12] Menichini E, Di Domenico A, Bonanni L. Reliability assessment of a gas chromatographic method for polycyclic aromatic hydrocarbons in olive oil[J]. *Journal of Chromatography A*, 1991, 555(1/2): 211 – 220.
- [13] Moret S, Piani B, Bortolomeazzi R, et al. HPLC determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in olive oils[J]. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und-Forschung A*, 1997, 205(2): 116 – 120.
- [14] GB2762 – 2012. 食品安全国家标准食品中污染物限量[S].
- [15] 段小丽, 陶澍, 徐东群, 等. 多环芳烃污染的人体暴露和健康风险评价方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011: 49.
- [16] 董广彬, 李鹏, 姜俊. 食用植物油中苯并(a)芘检测结果分析[J]. *粮油加工*, 2009(7): 67 – 68.
- [17] 陈嘉聪, 赵智锋. 食用油中多环芳烃类物质产生的影响因素研究[J]. *中国化工贸易*, 2012(5): 174.
- [18] 于维森, 于红卫, 石仁德, 等. 食用油脂中 16 种多环芳烃含量测定[J]. *中国卫生检验杂志*, 2013, 23(7): 1 793 – 1 795.
- [19] 何东平, 闫子鹏. 油脂精炼与加工工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.
- [20] 李永和. 3,4-苯并芘(BaP)对粮食及食品的污染[J]. *粮食科技与经济*, 1997(4): 37 – 38.
- [21] Sagredos A N, Sinha-roy D, Thomas A. On the occurrence, determination and composition of polycyclic aromatic hydrocarbons in crude oils and fats[J]. *Fat Science and Technology*, 1988, 90: 76 – 81.
- [22] 张根旺. 油脂中多环芳烃污染及其控制[J]. *粮食与油脂*, 2007(6): 5 – 6.
- [23] Cejpek K, Hajslova J, Kocourek V, et al. Changes in PAH levels during production of rapeseed oil[J]. *Food Additives and Contaminants*, 1998, 15(5): 563 – 574.
- [24] 施建平. 致癌物苯并芘超标引起关注-食用油安全快速检测设备的应用力度将加大[N]. *中国食品报*, 2010 – 10 – 25.
- [25] Moret S, Dudine A, Conte L S. Processing effects on the polyaromatic hydrocarbon content of grapeseed oil[J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2000, 77(12): 1 289 – 1 292.
- [26] Moreda W, Perez-Camino M C, Cert A. Gas and liquid chromatography of hydrocarbons in edible vegetable oils[J]. *Journal of Chromatography A*, 2001, 936(1): 159 – 171.
- [27] Teixeira V H, Casal S, Oliveira M B P P. PAHs content in sunflower, soybean and virgin olive oils: Evaluation in commercial samples and during refining process[J]. *Food Chemistry*, 2007, 104(1): 106 – 112.
- [28] 李桂华, 钱向明, 毕艳兰. 油料油脂检验与分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [29] Menzie C A, Potocki B B, Santodonato J. Exposure to carcinogenic PAHs in the environment[J]. *Environ Sci Technol*, 1992, 26(7): 1 278 – 1 284.
- [30] 吴丹. 食品中苯并芘污染的危害性及其预防措施[J]. *食品工业科技*, 2008, 29(5): 309 – 311.
- [31] 肖苏尧, 车科, 陈雪香, 等. 不同油茶籽油提取工艺中苯并(a)芘形成的溯源[J]. *现代食品科技*, 2012, 28(2): 156 – 159, 181.
- [32] 毛明英, 刘守琼, 宋磊, 等. 塑料食品包装制品中多环芳烃的分析及检测[J]. *包装工程*, 2009, 30(1): 43 – 45.
- [33] Scimko P, Khunova V, Simon P, et al. Kinetics of sunflower oil contamination with polycyclic aromatic hydrocarbons from contaminated recycled low density polyethylene film[J]. *Int J Food Sci Technol*, 1995, 30: 807 – 815.
- [34] 李进伟, 王兴国, 金青哲. 食用油中苯并芘的来源、检测和控制[J]. *中国油脂*, 2011, 36(6): 7 – 11.
- [35] 王建华, 杨君, 王兴华. 精炼工序对辣椒油中 16 种多环芳烃含量变化的影响[J]. *中国油脂*, 2013, 38(12): 41 – 44.
- [36] 巩宗强, 胡筱敏, 徐新阳, 等. 处理含多环芳烃植物油的吸附剂筛选及其性能评价[J]. *东北大学学报: 自然科学版*, 2008, 29(12): 1 774 – 1 777.
- [37] 罗凡, 费学谦, 方学智, 等. 脱色工艺中不同脱色剂对油茶籽油中苯并芘脱除效果的影响[J]. *中国油脂*, 2012, 37(6): 47 – 50.
- [38] 俞晔. HPLC-FLD 和 GC-MS-MS 检测油脂、油料中多环芳烃方法的建立及应用[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
- [39] 巩宗强, 胡筱敏, 徐新阳, 等. 用高级氧化技术去除植物油中的多环芳烃[J]. *东北大学学报: 自然科学版*, 2008, 29(9): 1 338 – 1 341.
- [40] 田玉霞, 孟橘. 食用油中多环芳烃的研究进展[J]. *中国油脂*, 2012, 37(3): 69 – 73.
- [41] 刘世亮, 骆永明, 曹志洪, 等. 多环芳烃污染土壤的微生物与植物联音修复研究进展[J]. *土壤*, 2002(5): 257 – 265.
- [42] 陶雪琴, 党志, 卢桂宁, 等. 污染土壤中多环芳烃的微生物降解及其机理研究进展[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2003, 22(4): 356 – 360.
- [43] 刘金泉, 黄君礼, 季颖, 等. 环境中多环芳烃(PAHs)去除方法的研究[J]. *哈尔滨商业大学学报: 自然科学版*, 2007, 23(2): 162 – 167.

(下转第 246 页)

Domestic effervescent tablets formulation and its problems analysis

CHAI Jin-zhen, PENG Hui, JIANG Li, HUANG Yuan-ying,
YUAN Gen-liang, YIN Guang-ling

(By-Health Co., LTD, Guangzhou 510663, China)

ABSTRACT Analyze the problems of the current effervescent tablets during the production and storage, and propose the corresponding improvement methods. **Methods:** We have studied the past decade domestic literatures in food, medicine effervescent formulations. Four general questions of sticky punch, disintegration overrun, non-clarify solution, instability of product, and problems of foaming detection were all analyzed. **Result:** raw material properties, preparation process, scientific standard test methods, production and storage conditions, and packaging conditions are the important factors to ensure safe, stable effervescent tablets. **Conclusion:** Effervescent tablets, as a new dosage form of tablets, not only add new solid type of the products, but also increase the consumers' favorite of the products, promote the usage of effervescent in food and pharmaceutical industry.

Key words effervescent tablets; sticky punch; disintegration overrun; solution does not clarify; instability of product; problems of foaming quantity detection

(上接第 229 页)

Review on the pollution sources and control techniques of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in edible oil

WURi-na, JIN Fen, YANG Li-li, LI Yong-fei, JIANG Ze-jun, ZHANG Peng,
SHAO Hua, JIN Mao-jun, ZHENG Lu-fei, WANG Shan-shan,
SHE Yong-xin, WANG Jing

(Key Laboratory of Agro-product Quality and Safety, Institute of Quality Standard and Testing Technology
for Agro-Products, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

ABSTRACT Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are permanent organic pollutants (POPs). The safety incidents caused by PAHs pollution in edible oil occurred in recent years got attention in whole society. This paper provided the physical properties and toxicities of PAHs and analyzed the level of PAHs in the edible oil. The sources of PAHs pollution, its control and elimination technique in the edible oils were reviewed. The paper will provide technical support in establishing PAHs control system in edible oil industry in the future.

Key words edible oil; pAHs; pollution sources; control technique; removal methods