

专家论坛专栏

编者按:食用植物油脂可以摄取维生素E和必需脂肪酸,对人体健康具有重要作用。但油脂属于纯热量食品,现代饮食倡导人们“少吃油、吃好油”。本期专家论坛栏目邀请专家从煎炸用油、油炸食品、芝麻油中可能出现的质量安全问题及对策进行阐述。希望通过专家的分析和建议,能为预警油脂食品安全问题,加强油脂食品监管力度提供有益帮助。(栏目策划:李 宁)

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2015.01.002

文章编号:2095-6002(2015)01-0006-07

引用格式:吴时敏. 煎炸用油和油炸食品的质量安全问题及对策[J]. 食品科学技术学报,2015,33(1):6-12.



WU Shimin. Quality and safety issues and countermeasures for frying oils and fried foods[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015,33(1):6-12.

煎炸用油和油炸食品的质量安全问题及对策

吴时敏^{1,2}

(1. 上海交通大学 农业与生物学院食品科学与工程系, 上海 200240;

2. 中美食品安全联合研究中心(上海)/农业部都市农业重点实验室(南方), 上海 200240)

摘 要:油炸在提供加工、食用便利和美味的同时,也面临着诸多质量和安全问题。如何及时准确判废、甄别油脂真实性、减轻和控制煎炸过程中有害化合物超标,是当前煎炸用油主要的质量与安全问题。降低含油量、控制传统油炸食品的铝害、减少油炸食品原辅料在油炸加工和贮藏过程中的劣变,是中式油炸食品亟须解决的问题。在分析上述问题的基础上,概述了相关解决方法和措施,包括新型检测技术、大数据技术、青少年科普、风险评估、管理与共享平台等。

关键词:食用油脂;油炸食品;掺假;劣变;真实性;铝

中图分类号: TS222

文献标志码: A

“柴米油盐”一说,凸显了食用油脂在人类生活中不可替代的特殊地位。保障食用油脂的供应和安全,提高食用油脂质量,一直是食品工业乃至国家战略关注的重要议题。当前,我国食用植物油年消费量已突破3 000万t,人均食用植物油年消费量近23 kg,超过世界人均年消费量近13%。而且,食用油脂需求仍呈增长趋势,海外依存率一直高达60%以上,特别是在我国煎炸用油中占比最大的大豆油和棕榈油,是进口量最大的2种食用油。2005年以来,我国一直是世界棕榈油消费第一大国,存在对外的绝对依赖性。因此,谈及食用油脂安全,首先是在

保证供应量上不能掉以轻心。为鼓励增加食用油脂自给率,国务院办公厅于2014年12月26日发布了《国务院办公厅关于加快木本油料产业发展的意见》(国办发[2014]68号)。

我国食用油脂需求持续增长的一个重要原因,在于经济发展带来的对煎炸用油的需求,一方面表现在生活方式和工作节奏对油炸快餐与油炸食品的需求,另一方面表现在家庭烹调煎炸用油量的增长。由于中国人的烹调和饮食习惯,国内几乎所有的大宗食用油脂(大豆油、菜籽油、花生油、棉籽油、玉米油、米糠油、油茶籽油和葵花籽油)都被作为煎炸用

油,据海关数据显示,棕榈油作为我国快餐和食品工业的主要煎炸用油,近几年每年的进口量超500万t,高价油脂如橄榄油的进口也快速增长,甚至有使用进口高端油脂如特级初榨橄榄油进行煎炸的研究报道^[1]。

油炸是食品快餐工业、方便食品及零食工业喜爱并广为采用的加工技术,油炸往往赋予食品诱人的金黄色泽、酥脆质构、特有风味与口感,这使得油炸食品成为国内外消费者广泛接受并难以割舍的一大类食品。国际上,西方膳食中有大量的油炸加工或热加工的含脂食品^[2]。在中国,家庭烹调也是以油脂高温加工方式(油煎、油炸、高热油炒)为主,商业油炸食品销售上升趋势很快^[3],特别是在城市的消费量十分巨大,快餐和餐饮工业的主要方式就是油炸。油炸方便面、油条等油炸产品的销售半径和覆盖人群都十分巨大。以油条为例,作为中式油炸面类食品的典型代表,是我国及华人迁居地十分大众化的早点,现今的油条生产者,既有以三四元一根高定价的、年营业额达3亿多元的永和大王,又有占据极大市场份额的街头巷尾摊点、手推车、食堂、饭馆、酒店及大型超市,洋快餐肯德基也于2008年初开始卖油条。在中国,不包括家庭和餐饮油炸,每年仅煎炸工业用油脂约有百万吨;在美国,每年仅用于深度油炸的油脂也高达近百万吨;在全球,商用油炸产业年均总营业额预计达数千亿美元。油炸,作为重要的食品加工和烹调方式,不可能消失。因此,关注并研究煎炸用油和油炸过程的质量与安全,在保持油炸赐予的食品加工方便性和感官魅力的同时,尽量减少油炸导致的营养品质损失、并控制油炸引发的有害物质生成,无论是对油脂工业、食品工业和餐饮业的良好发展,还是对大众健康、公共卫生和环境安全,都具有重要的理论意义和现实价值。

1 煎炸用油质量安全存在的主要问题

近几年,全球相继爆出一系列热点新闻事件,如席卷全球的反式脂肪酸及氢化植物油去留之争;橄榄油掺假位列2013年欧洲十大掺假食品之首;中国台湾地区于2013、2014年先后发生的油脂掺假和掺劣事件;中国大陆2010年的餐厨废弃油脂(俗称地沟油)事件及至今以来的整治等。据2014年上海市食品药品监督管理局(FDA)的调查,在上海市民最关注的食品安全问题中,“餐厨废油及含有餐厨废

油的食物”位居第三,占调研人数10.4%,位居食物中毒(23.3%)和出售病死肉(21.2%)之后。可见,即使在近4年,依法治理“地沟油”取得明显成效的情况下,人们对煎炸废油的担心仍挥之不去。实际上,有多项关于动物饲养与生理方面的研究表明,煎炸废油或氧化油脂对包括鱼在内的水陆动物生产性能和生理生化机能都造成损害,也会直接导致动物性食品质量安全问题。

1.1 煎炸油的判废

在煎炸过程中如何快速时效地判废煎炸油,仍是尚待解决的问题。目前,国内外对煎炸油的判废评价以总极性组分、酸值监控为主,涵盖其他油脂酸败指标^[4]。但现场通用的酸值测定方法并不能有效反映煎炸油的实际劣变水平。煎炸油判废的一个国际公认指标是极性化合物含量,法定临界限值是不超过24%~27%(我国是27%),但目前极性组分含量的测定方法还不适应实时现场检测要求,即使早在2003年就发布了《食用植物油煎炸过程中的卫生标准》,但餐饮、摊点等对煎炸用油的质量安全并未上升到依据标准的高度,家庭煎炸用油的存废也是基于主观或感官判断。大多数家庭、摊点、餐饮等基本上是采用烹调用油,并没有因为煎炸而去选用专用煎炸油。一项由国家自然科学基金支持开展的煎炸油认知与消费调研表明,仅有约21%的人知道有专用煎炸油。消费者对反复煎炸油中的有害物质认知程度普遍不高,对各项物质的认知都没有超过总样本数的40%^[5]。

影响煎炸过程中煎炸油质量与安全的因素主要有煎炸油的种类和质量、煎炸温度和时间、煎炸次数、新油添加或周转率、煎炸食品类型与组分、煎炸锅与煎炸方式等。但煎炸油的反复煎炸和重复使用,煎炸无控温和检验方式,继续使用显著变色、变黏稠的煎炸老油(俗称回锅油)等情况仍较普遍。

1.2 掺假和售假

“如何甄别油掺油,就是神仙也发愁”,油脂的真实性问题一直是全球关注的焦点。笔者2014年暑期在德国研究访问,就碰到媒体质疑化妆品中高档油脂的真实性问题。国内食用调和油的存废或标准之争,至今仍悬而未决。在针对油脂的掺假检测技术上,已经有诸多手段,但多有局限,有时也难以100%保证其法律确证性,建立新型检测确证技术是当前全球亟待解决的科学问题,也是包括公安部、FDA等部门的现实需要。

油脂掺假目的就是逐利,其行为主要表现在两个方面,一是不同类油脂的掺假(包括掺入废油)。以棕榈油为例,作为我国消费量仅次于豆油的第二大食用植物油,因其良好的煎炸稳定性,成为食品加工和快餐行业的主要煎炸用油,其价格明显低于豆油、菜籽油和花生油等主要植物油。最近有文章明确提出了多达200万t进口棕榈油的去向问题,特别是6~9月份棕榈油进口量较大,指出是因夏季温度能掩盖棕榈油掺假时的高熔点缺陷^[6]。再如,由于大豆油的市场价格较低,且无特别异味,在其他相对高价油脂中掺入大豆油的问题。二是同类油脂的掺假(包括掺入劣质油脂),如用橄榄果渣油冒充或掺入特制初榨橄榄油,用精炼芝麻油掺进或冒充压榨芝麻油,用精炼茶籽油掺进或冒充压榨茶籽油等,这都会带来质量乃至安全问题。例如,目前全球橄榄油总产量约260万t,其中用于食用的橄榄油约占50%,达到特级初榨橄榄油标准的不足10%,而标签“特级初榨”进行销售的却高达50%以上,大多数都掺杂了精加工或低级别的橄榄油^[7]。油脂掺假的难点在于,难以找到特征指标,单一或几个指标检测很难做出准确的判断,在掺伪量较低的情况下,难以设定阈值,检测较为困难。例如3,5-二烯含量可以作为特征指标,用来甄别初榨橄榄油是否掺入了精炼橄榄油,但只适用于一定的掺伪浓度范围。此外,在储藏过程中有可能生成掺伪类似或同类化合物,如何区分判定,也亟须准确区分,找到特异性和提高检测灵敏度。

1.3 有害化合物超标

煎炸用油的有害物既有可能来自煎炸用油上市销售前的原料、生产过程,也会因贮藏、煎炸加工等导致或增加。主要包括残留农药、生物毒素、多环芳烃(PAHs)、反式脂肪酸(Trans-FA)、3-氯-1,2-丙二醇(3-MPCD)脂肪酸酯、有害羰基类化合物、呋喃、氧化或聚合的脂肪酸或甘油三酯等。油炸及油脂的反复多次加热,不仅会导致油脂主体组成甘油三酯的劣变,如不饱和脂肪酸受热会导致呋喃的产生,并且呋喃的产量随着脂肪酸不饱和度的增加而增大^[8-9]。还会导致其他天然微量营养成分(如生育酚、甾醇、磷脂)的氧化、裂解、聚合、衍生等变化,形成新的有害成分。油脂生产和油炸中涉及一些辅助材料、加工助剂或添加剂,例如油脂浸出用溶剂、油脂精炼用烧碱和磷酸、脱色用的白土、润滑剂、外源性抗氧化剂、抑晶剂、消泡剂等,都应重视相关物质

残留量、不安全的外源性污染物等。

以致癌多环芳烃(PAHs)为例,人类暴露于PAHs中的问题是人类健康所关注的一大焦点,由于强的亲脂特性,PAHs易于流向油脂和富油食品,油脂反过来又能提高PAHs在肠内的吸收,这使得油脂和油炸食品可能是PAHs污染并造成一些慢性健康危害的重灾区。油脂和油炸食品中PAHs污染现象已经十分普遍。在常见的食用植物油脂(包括我国进口的大豆油、棕榈油、橄榄油)、特种植物油脂(如山茶籽油)、伪劣植物油和餐厨废油(如地沟油)等中,都有严重超标的研究报道。我国近几年出口油脂因PAHs不符合对方标准屡遭欧盟、韩国退货,高含PAHs的进口油脂(特别是橄榄果渣油)无法阻止。2010年国内发生的油茶籽油事件,就是因为PAHs之一苯并芘超标严重。我们最新的检测结果显示,某打着初榨旗号的进口橄榄油的致癌PAHs总量高达827.27 μg/kg,某回收废油致癌PAHs总量高达122.96 μg/kg^[10]。最近,已有研究报道表明,我国部分人群的PAHs饮食暴露量比发达国家要高出几到几十倍。有研究指出,包括氧化在内的油脂本身的变质反应可能是导致PAHs新增的主因,即使是在常温密闭状态下,氧化的油脂也能产生少量PAHs,而且随着氧化程度的加深,PAHs的量也增加^[11]。

2 油炸食品质量安全存在的主要问题

鉴于油炸在食品和油脂工业中的重要性,早在1973年,德国和欧洲的油脂和脂质学术界发起了深度油炸国际会议,一直延续至今,并由欧美油脂界主导。在最近一届(2013年2月,美国旧金山)举办的国际深度油炸大会邀请函的第一段,除简要阐述了油炸及油炸食品的优点外,还特别提及5000年中华文明对油炸的记载(“The bottom line is that fried foods taste good, hence their popularity. 5000 year old Chinese texts reference the process.”)。

油脂和煎炸食材在高温煎炸条件下,会发生一系列复杂的化学反应,包括热氧化、热降解都会加剧,形成的一些化合物是有害的,除了对煎炸油及油炸食品在物理特性、风味和营养价值形成负面影响的同时,本身还具有毒性。油炸时,煎炸油和油炸食品之间强烈的能量和质量交换,会导致降解产物快速传送进油炸食品。煎炸用油的质量与安全将直接

影响煎炸食品的质量与安全。因此,油炸食品的质量安全问题,首要的是煎炸用油的质量安全问题,油不好、含煎炸残油的量高,就不可能有高质量的油炸食品。

2.1 含油量

某种程度上,油炸食品的安全问题集中表现在含油量上。煎炸油在煎炸过程中的有害物质大多通过油脂迁移到油炸食品中,上述所有关于煎炸油的安全问题都会出现在油炸食品上。油炸食品是典型的高脂食品,有的油脂含量甚至高达约50%。含油量高,不仅导致脂肪摄入的增加,也增加了油炸食品中所含煎炸油有害物质的摄入量。如何在既保持良好风味、色泽和质构同时,尽可能控制或降低油炸食品含油量,是提高油炸食品质量和安全的关键环节。

2.2 铝害

根据国家食品安全风险评估中心在2012年发布的报告《中国居民膳食铝暴露风险评估》,我国北方和南方地区全人群中分别有60.1%和8.0%的个体膳食铝摄入量超过暂定每周耐受摄入量(PTWI),其中北方以4~6岁年龄组的超PTWI个体比例最高,达80.2%;南方以2~3岁年龄组的超PTWI个体比例最高,达20.0%。在所监测的各类食物中,传统油炸食品油条的贡献率达到10%,居第3位。

然而,至今,铝含量超标仍然是目前中式油炸食品十分突出且普遍存在的问题,国家油炸食品的铝含量限制标准(不超过100 mg/kg)和多方呼吁仍未能遏制铝害。2014年的多篇研究报道显示,油条、油炸饼的铝超标严重,多地油条含铝超标率达85%以上,平均值在500 mg/kg以上,多个样品甚至超出国家标准限量值8~10倍^[12-14]。笔者课题组近3年来,采用电感耦合等离子体发射光谱法,对超市、食堂、连锁餐饮、摊点、冷冻油条等的检测结果也表明,以个体方式承包或经营的油条销售点铝含量超标严重,也和各地报道结果相近。

所有的研究都显示,铝超标原因在于,加工者在制作过程中随意或有意添加含铝添加剂,明矾滥用现象严重,而不是铝制炊具的铝迁移或食品原料铝含量超标所致。鉴于油条、油饼、麻花等油炸类产品的覆盖面,风险评估显示铝摄入超标最高组在6岁以下幼儿,消除铝害刻不容缓。

2.3 油炸食品原辅料因油炸产生的有害物

除了因煎炸油在煎炸过程中劣变带来的危害物外,煎炸食材自身的成分(包括自身的脂肪)也可能

与煎炸油脂反应,或在油炸高温下生成一些有害物,这些有害物包括反式脂肪酸、丙烯酰胺、极性化合物、杂环胺、烯醛、PAHs等。

同样,以PAHs为例,Perello等^[15]2009年报道了油炸后的鸡肉中PAHs含量比加工前上升了2.5倍。Chen等^[16]2007年报道了深度煎炸产生的PAHs比蒸煮方式释放出的要高6倍。Pandey等^[17]2006年报道了反复煎炸的鱼油中PAHs显著增加;Janoszka等^[18]2004年报道了油炸肉制品中产生PAHs。这些文章报道了油脂和油炸食品受热产生PAHs这一现象。对油炸食品中的PAHs含量也逐渐引起高度关注。Chen等^[19]2003年检测了油炸鸡腿产生的油烟中PAHs的量,比较了不同油脂对PAHs产生量的影响;Jesioneck等^[20]2007年研究比较了猪油等三种油脂在煎炸前后PAHs的含量高低次序,结果表明,煎炸后PAHs次序较煎炸前发生了变化。Perello等^[15]2009年研究了六类食品烹调前后PAHs的变化,发现PAHs不仅取决于烹调方式,更取决食品类型和煎炸用油脂。此外,有研究表明,油炸产生的油烟及使用明火加热的废气中的PAHs水平也不容忽视^[16, 20-22],这些PAHs也可能吸附到最终的油炸产品上。

2.4 中式传统油炸食品的基础和产业规范化研究薄弱

我国传统油炸食品有油条、麻花、油饼、锅巴、麻团、沙琪玛、春卷等,全球销量居前的油炸食品有油炸方便面、油炸薯片、炸鸡(腿、翅、块)等。仅油炸方便面的年消费量就以百亿包计。与已工业化生产的油炸方便面相比,我国其他油炸食品和采用油炸的菜点消费量和覆盖人群相比,中式油炸食品的基础研究和产业化仍十分薄弱。

以油条为例,即使有了大型餐饮连锁和工业化产品,但绝大多数消费仍来自小规模的手工操作,对油条安全研究的广度和深度,与西方国家对油炸薯条的众多研究报道形成巨大反差。油条的学术文献主要是围绕铝含量超标进行的工艺配方改进与监测;其次是研究面粉对油条品质的影响;以及相关监督部门报道的对油条质量及其煎炸残油的质量监测结果等。近几年,国内多位学者研究了油条中的丙烯酰胺^[23-27]。有少数省市对油条制定了一些地方规范,包括小麦粉、食用植物油、添加剂、加工用水等要求,提出了禁用回收油脂、二次煎炸的油滤除残渣、铝的残留量不大于100 mg/kg、禁加有害辅料等

措施。目前,还缺乏一个具有广泛代表性的国标或行标的油条制作方法,总体上看,炸油条主要有两种工艺,即按传统方式制成的碱矾盐油条和用新工艺制成的无矾油条。油条本身具体的安全指标严重缺乏,特别是致癌物质。

在辅配料方面,对油炸挂糊、裹粉、浸渍料的研究,以及品质、安全评价与快速检测技术,也十分欠缺。

3 保障煎炸用油和油炸食品安全质量的对策

食品质量与安全一直是全球性的问题和挑战,在煎炸用油和油炸食品的质量与安全方面,除了采纳来之不易的经验共识,如全程追溯、风险评估和预警、风险交流与科普等,还应结合当前我国实际,开展如下工作。

首先,既要提高煎炸用油自给率,又要减少浪费和煎炸废油的生成量,特别是减少家庭煎炸、餐饮、食堂等的过度用油现象。鼓励倡导 2L 以下小包装食用油,避免家庭煎炸用油的贮藏劣化。重视高油酸油脂(或高棕榈酸油脂,或高硬脂酸油脂)的油料开发,提高煎炸油质量。注重全程质量与安全管理,加强对中小油脂企业的规范性指导,特别是动物油脂加工厂,如采用聚冷捏合的方法缩短猪油熔程。继续完善监管,特别是基层监管,煎炸用油和油炸食品的安全在基层大多数乡镇及县城仍相当突出,在 2014 年,一项由镇政府资助的对华南某镇的“全镇食品安全风险源分析”的报道写道,“调研组正好碰到一宗关于地沟油的举报,但值班的干部一直在纠结要不要出动”,“4 家夜宵排挡用的都是劣质油,在 40 度的高温下呈厚质液状”^[28]。

其次,要理顺煎炸废油利用机制。目前我国每年约 330 万 t 废弃油脂,当今,给因煎炸产生的餐厨废油找出路的主要途径是制作生物柴油;有些地方有效实现了其资源再利用化,如据上海 FDA 介绍,2014 年上海每天餐厨废油收集量约 100 t,制成生物柴油后,供应给 104 辆公交车,而且实时动态掌握餐饮单位的餐厨废油变动情况,并以此初步判断餐饮单位煎炸用油量。但更多的报道显示,以生物柴油为出路的煎炸废油模式仍陷入困局,如最近广受关注的“石油反垄断第一案”,已经凸显了以餐厨废油为原料的生物柴油产销问题^[29]。餐厨废油是否有

其他环保可行的出路,如采用餐厨废油进行城市污水厂污泥油炸干化制成固体燃料^[30]。

再次,应加强青少年的煎炸油脂与油炸食品科普教育,远离劣质油炸食品。束琴霞等对 2 万名在校大学生的调查结果表明,83.7% 大学生都喜欢食用油炸食品,而且食用频率和食用量远远高于一般食品。20% 大学生经常把油炸食品当早饭的主食^[31]。据上海 FDA 委托的第三方统计结果表明,学生对食品安全的知晓率比市民反而低 2.2%。朱紫杭等最近关于广州市居民油炸食品摄入情况调查研究表明,在校学生油炸食品摄入率最高、摄入量最多;紧随其后的是学龄前儿童。其中 13~23 岁人群 3 个月内油炸食品摄入率均超过了 80%^[32]。这都表明,青少年年龄段人群处于青春期,又具备自主餐饮和食品选择权的条件,更在意油炸食品的美味,容易忽视长远安全健康危害。

同时,应加快对减少和控制煎炸有害物生成的新技术、新设备、新工艺的研究与利用。如对油炸食品中丙烯酰胺研究的重要成果之一,是发现薯条颜色油炸得更深,会导致丙烯酰胺含量显著增加,这使得油炸薯制品工业和消费者偏爱金黄色产品的观点和行为都发生了改变^[33]。因此,真空油炸在传统油炸食品上的可行性、肉制品高压油炸的效率、间歇性煎炸或生产停机频率的减少、油炸后的脱油、油炸之前的预处理以减少吸油量以及是否可用黏度色泽或其他简便易行的物理指标来快速辅助判断煎炸过程等,都是值得研究的相关基础和应用问题。

最重要的是,要重视协同、交叉和协作,加快建立公益数据、信息、技术等共享平台。近两年,仅在油脂科学领域,已经有诸多的实验室和新培养的硕博从事油炸、油炸食品、油脂劣变研究^[34-40],这些信息、数据、人力资源等对推动我国相关研究非常重要,要重视积极利用大数据技术、高通量识别技术、多维非定向监测技术、信息化技术等,加强对煎炸用油和油炸食品的研究、生产控制和监管,如能否建立我国油脂和油炸食品的数据库和工具,并充分利用全球数据、技术和工具资源,开展油脂掺假鉴别工作。能否积极开展国际比对和合作,利用全球资源,包括美国药典委员会的食品掺假脆弱性工具和食品掺假数据库、欧盟参比实验室(EURL)。如笔者 2014 年暑期访问了德国农业与食品部属 Max Rubner 研究所,该所建立的油脂油料脂肪酸组成数据库公益平台,就积累了超过 60 年的资料和数据,非常

方便检索,有益于油脂真伪鉴别研究。此外,非常有必要构建全民食品安全保障工程,开展因采取煎炸用油或油炸食品安全提高措施而引发价格上涨的消费意愿研究,督促生产者自觉响应国家风险评估和新型危险物控制报告结果,加快加强具有自主技术和产权的先进方法、标准、体系、数据库的建设,特别是中国特色的油脂、油炸食品的代际积累,包括国家耗费巨资在餐厨废弃油脂(俗称地沟油)上科研数据和技术的采集、建库、共享等。落实实施相关具体产品、检测技术(包括煎炸用油和油炸食品)、添加剂等已有标准,加大通用类标准的执行力度,如GB 14881—2013《食品安全国家标准 食品生产通用卫生规范》,还应尽快建立和出台当前实际需要的强制性标准的新建或更新。如GB 8955《食品安全国家标准 食用植物油生产卫生规范》正在紧锣密鼓地修订之中。

参考文献:

- [1] 刘麒麟,李赛男,白妍双,等.反复煎炸对4种食用植物油品质的影响[J].中国食品卫生杂志,2014,26(3):274-277.
- [2] Olivero-David R, Paduano A, Fogliano V, et al. Effect of thermally oxidized oil and fasting status on the short-term digestibility of ketolinoleic acids and total oxidized fatty acids in rats[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(9): 4684-4691.
- [3] Fan L P, Eskin N A M. Frying oil use in China[J]. Lipid Technology, 2012, 24(6): 131-133.
- [4] Aladedunye F A, Przybylski R. Antioxidative properties of phenolic acids and interaction with endogenous minor components during frying[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2011, 113(12): 1465-1473.
- [5] 瞿哈屹,郑策,彭亚拉.消费者对安全煎炸油的认知程度及支付意愿影响因素研究[J].中国食物与营养,2013,19(10):42-46.
- [6] 刘艺卓,刘武兵,高颖.我国棕榈油进口及其对其他植物油的替代效应分析[J].农业经济,2014,(6):108-110.
- [7] 张欣,于瑞祥,方晓明,等.橄榄油掺假检测技术的研究进展[J].中国油脂,2013,38(3):67-71.
- [8] Becalski A, Seaman S. Furan precursors in food: a model study and development of a simple headspace method for determination of furan[J]. Journal of AOAC International, 2005, 88: 102-106.
- [9] Crews C, Castle L. A review of the occurrence, formation and analysis of furan in heat-processed foods[J]. Trends in Food Science and Technology, 2007, 18: 365-372.
- [10] Wu S M, Yu W J. Liquid-liquid extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in four different edible oils from China[J]. Food Chemistry, 2012, 134(1): 597-601.
- [11] Guillen M D, Goicoechea E, Palencia G, et al. Evidence of the formation of light polycyclic aromatic hydrocarbons during the oxidation of edible oils in closed containers at room temperature[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(6): 2028-2033.
- [12] 何宗莉.重庆市西部地区油炸小食品铝含量检测分析[J].预防医学情报杂志,2014,30(9):764-767.
- [13] 陈和春.油炸制品中铝含量的监测分析[J].中国卫生产业,2014(11):154-155.
- [14] 胡凯凌,赵东设,陈艳艳,等.鹿城区油炸面制早餐食品中铝含量调查[J].浙江预防医学,2014,26(7):726-729.
- [15] Perello G, Marti-Cid R, Castell V, et al. Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, hexachlorobenzene and polycyclic aromatic hydrocarbons in various foodstuffs before and after cooking[J]. Food and Chemical Toxicology, 2009, 47(4): 709-715.
- [16] Chen Y, Ho K F, Ho S S H, et al. Gaseous and particulate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) emissions from commercial restaurants in Hong Kong[J]. Journal of Environmental Monitoring, 2007, 9(12): 1402-1409.
- [17] Pandey M K, Pant A B, Das M. In vitro cytotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbon residues arising through repeated fish fried oil in human hepatoma Hep G2 cell line[J]. Toxicology in Vitro, 2006, 20(3): 308-316.
- [18] Janoszka B, Warzecha L, Blaszczyk U, et al. Organic compounds formed in thermally treated high-protein food Part I: polycyclic aromatic hydrocarbons[J]. Acta Chromatographica, 2004, 14: 115-128.
- [19] Chen Y C, Chen B H. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in fumes from fried chicken legs[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(14): 4162-4167.
- [20] Jesionek M L, Odzimek J, Wlazlo A. Investigation on the presence of polycyclic aromatic hydrocarbons in fats after frying processes[J]. Proceedings of Ecopole, 2007, 1(1-2): 147-151.
- [21] Sjaastad A K, Jorgensen R B, Svendsen K. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), mutagenic aldehydes and particulate matter during pan frying of beefsteak[J]. Occupational and Environmental Medi-

- cine, 2010, 67(4): 228–232.
- [22] Zhu L Z, Wang J. Sources and patterns of polycyclic aromatic hydrocarbons pollution in kitchen air, China[J]. Chemosphere, 2003, 50(5): 611–618.
- [23] Huang W N, Yu S D, Zou Q B, et al. Effects of frying conditions and yeast fermentation on the acrylamide content in you-tiao, a traditional Chinese, fried, twisted dough-roll [J]. Food Research International, 2008, 41(9): 918–923.
- [24] Geng Z M, Jiang R, Chen M. Determination of acrylamide in starch-based foods by ion-exclusion liquid chromatography [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2008, 21(2): 178–182.
- [25] 刁恩杰, 李向阳. 油条中丙烯酰胺含量的控制研究[J]. 中国粮油学报, 2009, 24(1): 121–123.
- [26] 丁晓雯, 赵丹霞, 侯大军. 加工条件对油条中丙烯酰胺含量的影响[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(12): 75–78.
- [27] 张赞彬, 宋庆, 缪存铅. 油条中丙烯酰胺含量影响因素的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(10): 287–290.
- [28] 袁端端. 未完待续的风险地图 学者探秘基层食品安全真相[N]. 南方周末, 2014–12–25(23).
- [29] 何春好. 小民企叫板“油老大”折射生物柴油产业很尴尬[N]. 新华每日电讯, 2015–01–12(4).
- [30] 张晶, 吴中华, 李占勇, 等. 城市污水厂污泥的浸泡油炸[J]. 环境工程学报, 2013, 7(10): 4049–4053.
- [31] 束琴霞, 石光辉, 卢伟, 等. 扬州市油炸食品中丙烯酰胺的调查和分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(2): 268–275.
- [32] 朱紫杭, 卢嘉明, 黄亮宇, 等. 2011 年广州市越秀区居民油炸食品摄入情况调查[J]. 预防医学论坛, 2013, 19(3): 173–174.
- [33] Franke K, Strijowski U. Standardization of domestic frying processes by an engineering approach. Journal of Food Science, 2011, 76(4): 333–340.
- [34] 张慙, 祝银银. 調理食品高效油炸的研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2014, 33(2): 113–119.
- [35] 张清. 大豆油在不同煎炸体系中的特征理化性质的变化研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [36] 杨琴. 几种油炸食品贮藏过程中的品质劣变[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
- [37] 张秀霞. 复配天然抗氧化剂对油炸薯条中丙烯酰胺抑制作用的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
- [38] 张余权. 植物油储存过程中回色机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2014.
- [39] 韩晓银. 微波预油炸裹粉食品品质改良的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [40] 王琳. 基于化学特性与 PAHs 的油条品质与安全基础研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2013.

Quality and Safety Issues and Countermeasures for Frying Oils and Fried Foods

WU Shimin^{1, 2}

(1. Department of Food Science and Technology of School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China; 2. Joint Sino-US Food Safety Research Center (Shanghai)/Key Laboratory of Urban Agriculture (South) of Ministry of Agriculture, Shanghai 200240, China)

Abstract: Oil frying is a good method for fried food flavor, process, and popularity. However, it also results in many issues of quality and safety. The main challenges of frying oils are prompt and efficient evaluation for frying process, determination of frying oil authenticity, and reduction and removal of the harmful compounds by frying. The current demands for the safety and quality of Chinese fried foods are to reduce oil content in fried products, control aluminum level in traditional fried foods, and prevent deterioration of fried foods during frying and preservation. Based on the main safety problems and their reasons, this paper reviewed a number of solutions, including new detection technology, big data technology, science popularization for teenagers, risk assessment, administration and sharing platform.

Key words: edible oils; fried foods; adulteration; deterioration; authenticity; aluminum

(责任编辑: 李 宁)