

食用油安全危害因子快速定量检测技术现状及前景

王忠兴¹,雷咸禄¹,郭玲玲¹,胥欣欣¹,刘丽强¹,匡华¹,胥传来¹,杨帆²,杜宣利²

(1. 江南大学 国家粮食质量安全生物快速检测技术创新中心,江苏 无锡 214122;

2. 中粮工科(西安)国际工程有限公司,西安 710082)

摘要:为了推动食用油安全危害因子的快速定量检测技术在油脂安全领域的发展及标准化进程,简述了当前我国食用油安全快速检测现状及食用油安全检测标准体系,展望了未来食用油安全快速检测技术的发展趋势,以及在食用油安全检测应用中的预期效益。未来食用油安全快速检测技术必将朝着高通量、定量化、成套化及标准化的趋势发展,快速定量检测技术的快速发展将为我国油脂安全检测行业的发展带来好的经济、社会和生态效益。

关键词:食用油;油脂安全;危害因子;快速检测;免疫层析技术

中图分类号:TS227;TS201.6 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)08-0105-05

Current situation and prospect of rapid quantitative detection technology for edible oils safety hazard factors

WANG Zhongxing¹, LEI Xianlu¹, GUO Lingling¹, XU Xinxin¹, LIU Liqiang¹, KUANG Hua¹, XU Chuanlai¹, YANG Fan², DU Xuanli²

(1. National Center for Technology Innovation on Fast Biological Detection of Grain Quality and Safety, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China; 2. COFCO ET(Xi'an) International Engineering Co., Ltd., Xi'an 710082, China)

Abstract: In order to promote the development and standardization process of the rapid quantitative detection technology for edible oils safety hazard factors in the field of oils safety, the current situation of rapid detection of edible oils and the standard system of edible oils safety detection in China were briefly described, and the future development trend of rapid testing technology for edible oils safety and the expected benefits of its application in edible oils safety testing were foreseen. In the future, the rapid detection technology for edible oils safety will inevitably develop towards the trend of high throughput, quantification, complete set and standardization. The rapid development of rapid quantitative detection technology will bring good economic, social and ecological benefits to the development of oils safety detection industry in China.

Key words: edible oil; oils safety; hazard factor; rapid detection; immunochromatography technology

食用油是人类赖以生存的必需品,是关系国计民生的重要产品。随着生活水平的提高,人们对食

用油需求量增加的同时,也对油脂质量、营养和色、香、味多样化提出了更高的要求。我国是食用油生产和消费大国^[1],食用油消费量呈逐年上涨态势。2020年,我国人均食用油的消费量为28.5 kg,超过了世界人均食用油消费水平^[2]。另外,我国是全球第一大大豆油消费国和第一大棕榈油进口国。

近年来,随着食用油消费量的不断增加,食用油及其制品的食品安全问题也逐渐成为人们关注的焦点。食用油作为高风险产品一直是监管的重点和难

收稿日期:2021-02-25;修回日期:2021-06-21

基金项目:国家重点研发项目(2019YFC1606603);陕西省技术创新引导专项(基金)(2020TG-026)

作者简介:王忠兴(1991),男,讲师,博士,主要从事食品安全快速检测新技术与新方法的研究(E-mail)wzxing3468@163.com。

通信作者:胥传来,教授(E-mail)xcl@jiangnan.edu.cn。

点,从原料采收、油脂加工、运输及储藏各个环节都有可能面临风险。2018—2020年,国家食品安全监督抽检结果表明,我国食用油虽然整体质量状况相对较好,但部分问题相对突出,其中包括品质指标酸值、过氧化值,危害因子指标苯并(a)芘、真菌毒素、塑化剂等超标严重问题^[3]。酸值、过氧化值反映油脂的酸败程度,不仅会破坏食用油的营养成分,还对人体健康有一定影响^[4-5]。苯并(a)芘和黄曲霉毒素都是世界公认的三大致癌物之一,苯并(a)芘一般来源于食品加工过程^[6],黄曲霉毒素污染一般来源于油脂原料种植、采收、运输及储藏过程的真菌污染,此过程的真菌污染物还包括玉米赤霉烯酮、呕吐毒素等^[7-8]。塑化剂是一种环境激素,过多摄入会干扰人体内分泌机制,造成人体内分泌失调,其主要由食用油灌装、输送或储藏过程中迁移引入^[9]。另外,由于我国一些土壤的污染问题,会使油料中重金属、农药残留超标严重,且在后续制油工艺中很难脱除,造成成品油污染物超标,长期摄入此类食用油会使污染物逐渐在人体内积累,对人体健康造成长期慢性毒害^[10-11]。

上述污染物的存在对我国的食用油安全提出了更高要求。为了保障食用油的安全,除了要严格把控油脂生产的关键环节外,还需加强对食用油品质的监督。高效的监督检测工作离不开先进检测方法的支持,目前我国的食用油危害因子检测仍以大型仪器检测为主,但其存在取样慢、耗时久和成本高等问题,不适合大批量产品的筛查。如何快速、简单、高效、低成本地实现对食用油生产及储运的监管对作为食用油生产和消费大国的我们来说尤为关键。

因此,本文通过简述当前食用油安全快速检测现状及食用油安全检测标准体系,展望了未来食用油安全快速检测技术的发展趋势,以及在食用油安全检测应用中的预期效益,旨在推动典型食用油危害因子的快速定量检测技术在油脂安全领域的发展及标准化进程,这对于完善油脂安全的监控体系,实现实时监测、过程风险防控等关键技术具有重要意义。

1 食用油安全快速检测技术现状及发展趋势

1.1 食用油安全检测标准体系概述

油脂安全的检测涉及多个方面的不同物质成分,既包含理化指标的检测,也包含营养物质、添加剂、危害因子的检测。2018年,我国发布了GB 2716—2018《食品安全国家标准 植物油》,该标准是我国首个强制性的植物油食品安全国家标准,是对

之前食用植物油各个标准的整合修订,是食用植物油领域最重要的基础性标准,对规范食用植物油产业的健康有序发展具有划时代的影响。食用植物油的安全性是涉及人类发展和食品供应的重大社会问题,目前,我国已初步建立食用油原辅料、生产卫生规范、产品标准、基础标准及检测方法等5个方面的标准体系。植物油中的污染物、农药残留、真菌毒素等物质执行食品安全标准,大多由理化分析(如比色法、滴定法等)、色谱(如气相色谱法、液相色谱法等)以及质谱(如气相色谱-质谱联用法等)等方法完成,必须强制执行。

近几年,考虑到我国食用油消费量高、检测项目多等实际情况,快速检测方法在食用油安全检测中的使用开始增多^[12-13],并且相应的食用油安全快速检测标准也开始逐渐发布。如:国家市场监督管理总局发布的《食用油中苯并(a)芘的快速检测 胶体金免疫层析法(KJ201910)》《食用油中黄曲霉毒素B₁的快速检测 胶体金免疫层析法(KJ2017)》;中国粮油学会发布的标准T/CCOA 31—2020《植物油脂中黄曲霉毒素B₁的快速筛查 胶体金试纸法》;目前已经立项的两项行业标准《粮油检测 油料油脂中黄曲霉毒素B₁的测定 荧光定量快速检测法》《粮油检测 植物油中玉米赤霉烯酮的测定 荧光定量快速检测法》等。这些方法、标准的立项或发布标志着我国的食用油监管体系和监管手段正在逐步完善,并朝着更加实用、更加简便的方向发展。

1.2 快速定量检测技术的发展趋势

1.2.1 高通量检测

我国的人口基数大,食用油消费量高,使用仪器方法对其逐一检测显然不太现实,发展简单、快速、低成本以及高通量的免疫快速检测方法为食用油安全在基层的推广提供了可能。当前的免疫层析试纸条方法还是以一根试纸条检测一种危害物为主,但多靶标高通量的检测模式也已得到应用并逐渐发展成主流方向。

一方面,研发者通过改变检测模式实现对多种危害物的同时检测。如:现在市面上应用比较广泛的克莱沙三联卡就是这种类型,可以实现对 β -激动剂克伦特罗、莱克多巴胺、沙丁胺醇3种违禁兽药的同时检测。Zhao等^[14]报道了一种基于10通道上转化发光免疫层析检测方法,该方法将10个不同的单目标检测条集成到一个圆盘中,可用于同时检测多种食源性病原体。还有一种是以多条检测线组合在同一层析膜上的形式来实现危害物的多残留检测,如Kong等^[15]建立的含有5条检测线和1条质

控线的多重检测试纸条用于20种生物毒素的检测。

另一方面,研发人员通过制备广谱性识别抗体来实现多靶标检测的目的。如 Peng 等^[16]通过分析喹诺酮类抗生素药物的结构,设计出含有喹诺酮母核结构的半抗原,在此基础上筛选获得了可以同时识别32种喹诺酮类抗生素药物的单克隆抗体,对应的免疫层析试纸条可对32种喹诺酮类抗生素药物进行高通量检测。

1.2.2 定量检测

长期以来,免疫层析技术一直作为定性或半定量检测方法应用于筛查检测。虽然这种肉眼直接识别方法简单、方便且不依附其他仪器,但由于个体不同,人的主观意识及光照等因素的影响,容易造成对颜色判断的差异,从而导致不同的结果,并且肉眼难以准确识别试纸条显色强度的深浅,无法做到检测结果的数字化。因此,油脂安全免疫快速检测试纸条逐渐从定性检测向定量检测方向过渡^[17]。

近年来,国内外已出现与免疫试纸条配合使用的便携式自动定量扫描仪,可以实现对检测物的定量。根据识别信号种类的不同,读数仪可分为可见光信号、荧光信号、磁信号和电化学信号读数系统等。美国的 Charm Scientific 公司、德国的 Merk Millipore 公司以及中国的奥盛仪器公司等生产的试纸条读数仪已经成功应用于市场,并取得了不错的销量。目前在国内市场应用中,基于光电检测器的试纸条读数仪占多数。这种设备是基于感光元件的

成像或扫描系统,采集试纸条条带高分辨率且可重复的图像,具有动态采集图像、成像快速和使用方便等优点,但也存在专机专用、体积较大、不便于移动等缺点。近年来,随着智能手机技术的发展,结合手机应用程序客户端开发、物联网技术升级以及5G通信技术的大范围应用,免疫快速检测可以做到集数据读取、数据处理和数据输出为一体,为油脂安全的监测溯源提供了一个具有一定发展潜力的数字平台^[18]。

1.2.3 成套化

随着我国经济发展的提升及对科研投资的不断加大,油脂安全快速检测技术将朝着实时化、规模化、成套化方向发展。快速定量检测技术成套化是对一系列相似或相关目标物检测产品的整合,包括生产工艺、检测装备、检测产品等。同时成套化生产也是对快速检测产品品质的高度统一。目前已经有很多公司开始研发并推广成套的系列产品,比如动物疫病诊断系列产品、畜产品危害物残留系列检测产品、粮食真菌毒素系列检测产品等。这些产品的出现在很大程度上降低了检测人员的操作难度,提高了检测效率。

基于国内食用油检测需求和市场发展特点,食用油安全快速检测系列产品将以霉菌毒素、重金属、塑化剂以及农药残留等的免疫快速检测箱、免疫层析快速检测试纸为主,对应危害因子检测灵敏度应满足相应的国标限量要求,食用油中主要危害因子及免疫层析试纸条预期性能指标见表1。

表1 食用油中主要危害因子及免疫层析试纸条预期性能指标

类别	试纸条产品	主要样本类型	检测类型	检测限/检测范围
霉菌毒素	黄曲霉毒素 B ₁	花生油、稻米油等	定量检测	2.5 ~ 100 μg/kg
	玉米赤霉烯酮	玉米油、花生油等	定量检测	10 ~ 500 μg/kg
	呕吐毒素	玉米油、稻米油等	定量检测	20 ~ 2 000 μg/kg
重金属	镉	大豆油、稻米油等	定量检测	50 ~ 1 000 μg/kg
	铅	大豆油、稻米油等	定量检测	50 ~ 1 000 μg/kg
	汞	大豆油、稻米油等	定量检测	2.5 ~ 100 μg/kg
	铬	大豆油、稻米油等	定量检测	100 ~ 2 000 μg/kg
	砷	大豆油、稻米油等	定量检测	20 ~ 500 μg/kg
塑化剂	塑化剂类	大部分植物油	定性检测	0.1 ~ 10 mg/kg
食品添加剂	特丁基对苯二酚	花生油、芝麻油等	定量检测	50 ~ 2 000 μg/kg
	乙基麦芽酚	花生油、芝麻油等	定量检测	50 ~ 2 000 μg/kg
农药残留	有机磷类	菜籽油、油茶籽油等	定性检测	0.1 ~ 0.5 mg/kg
	有机氯类	菜籽油、油茶籽油等	定性检测	0.1 ~ 0.5 mg/kg
	拟除虫菊酯类	菜籽油、油茶籽油等	定性检测	0.1 ~ 0.5 mg/kg
加工过程危害物	三嗪类	菜籽油、油茶籽油等	定性检测	0.05 ~ 0.25 mg/kg
	苯并(a)芘	热榨油	定量检测	10 ~ 500 μg/kg
	3-氯丙醇酯	精炼油	定量检测	0.5 ~ 500 mg/kg
有毒物质	棉酚	棉籽油	定量检测	0.1 ~ 10 mg/kg

1.2.4 标准化

虽然目前一些免疫快速检测方法在油脂安全检测中已经有一些标准立项或在使用,但是以行业、地方、团体和快速检测标准较多,而国家标准领域存在空缺,标准的发展存在滞后性。另外,目前的标准还存在一些问题,如:各快速检测标准之间联系较少,尚未形成一个比较系统的标准体系,并且各个标准之间存在一定的重复性,且方法单一,检测对象单一。这就很大程度上影响了快速检测产品的广泛使用,并且对油脂安全中快速检测产品的性能和品质缺少有效的监督,使得市场上的产品无法真正满足需求。

因此,为使快速检测产品更好地在油脂安全检测中应用,需要系统性地制订一批油脂中快速检测方法应用的标准,规定快速检测产品的性能指标,加强各检测对象和检测方法的统一,提高快速检测产品在油脂安全检测中的认可性。只有这样才能更好地促进快速检测产品的发展,通过与法检方法的相互补充,形成全覆盖、深层次、多方位的食品监管体系,有力保障我国油脂质量,确保消费者利益,维护人民身体健康。

2 快速定量检测技术在食用油安全检测应用中的预期效益

在经济效益方面:近几年,食品安全快速检测产品的市场不断增长,2010年国内食品安全快速检测产品市场容量不足10亿元,2016年突破了100亿元,到目前为止已达到200亿元的规模^[19]。国内食品安全免疫快速检测技术的巨大进步使得国外品牌产品在我国的市场份额从2002年的90%以上降到了目前的20%,销售价格下降了约2/3。而食用油脂行业作为食品安全检测的重点领域,未来快速检测设备在油脂安全检测中的增长必然非常可观。随着快速检测方法的不断推广应用,公共检测机构、政府单位、工厂、社区民众可以获得满足公共安全需求的更加廉价便利的快速检测仪器。对于油脂行业,可实现对食用油中危害因子检测效果的生产现场的实时监控,为超标食用油及油脂原料等进行综合处理及安全利用提供信息支撑,节省昂贵的检测设备投入,不需要配置专业技术人员,为社会节省大量的设备资金投入,而创造的社会财富不可估量。

在社会效益方面:油脂安全中快速定量检测技术的推广会为食用油、油料提供更多的检测手段,实现对油脂产品的一对一检测,并促进油脂安全快速检测方法标准化进程,形成全覆盖、深层次、多方位

的食品监管体系,有力保障我国油脂质量,避免食品安全事故的发生,切实保障消费者利益,维护人民身体健康,增强国民的自信心和自豪感,使社会更加稳定和谐。

在生态效益方面:与传统油脂安全检测方法相比,快速定量检测技术更加绿色,产品原料更易获取,对生态环境更加友好,例如所用提取剂为环境友好型有机溶剂,研发过程中无任何污染源产生,产品为纸基检测条,检测结束后方便处理,不会对环境造成二次污染等。另外,快速检测方法更加灵活、便携,所需耗材少,时间快,可用于油脂原料种植、采购、加工、应用过程的任一环节的实时监控,将为我国的农业种植以及加工过程的产品质量监控提供较大的发展空间,便于控制农药、化肥等在油料生长期的使用量,为日益严峻的生态环境监控建立重要的检测手段。

3 结束语

食用油是日常饮食中的必需品,食用油安全关乎每一位中国人的健康。当前我国的食用油进口量和消费量近年来不断增长,虽然食用油整体质量状况相对较好,但部分问题相对突出,其中隐患主要存在于油脂原料种植,油脂加工、运输、储藏、食用等各个环节,污染物涉及霉菌毒素、重金属、塑化剂以及农药残留等。免疫快速检测技术经过多年的不断发展和完善,在食品安全及油脂安全等领域的应用不断增加,相应的法律法规以及行业、国家标准也不断健全,并产生了很好的经济、社会及生态效益,对完善油脂安全的监控体系,构建我国油脂安全供应链的主动保障体系提供了强大的技术支撑。

参考文献:

- [1] 王瑞元. 我国油脂机械制造业的创新发展[J]. 中国油脂, 2021, 46(1): 1-4.
- [2] 王瑞元. 2018年我国油料油脂生产供应情况浅析[J]. 中国油脂, 2019, 44(6): 1-5.
- [3] 田洪芸, 陆垣宏, 李恒, 等. 我国食用植物油质量安全状况及监管现状分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(16): 5271-5275.
- [4] 罗淑年, 刘丹怡, 孙立斌, 等. 食用油脂的安全性[J]. 农业机械, 2013, 29: 37-40.
- [5] WANG J, ZOU H L, XIA P D, et al. Research progress on oxidation and oxidative stability of vegetable oil[J]. Stor Proc, 2019, 19(4): 207-210.
- [6] 赵亮, 牛宏亮, 杨金部, 等. 不同油籽生产工艺中苯并芘含量变化研究[J]. 食品与发酵科技, 2019, 56(4): 26-31.
- [7] BHAT R, REDDY K R N. Challenges and issues

- concerning mycotoxins contamination in oil seeds and their edible oils: updates from last decade [J]. *Food Chem*, 2017, 215: 425 - 437.
- [8] HOU S L, MA J J, CHENG Y Q, et al. One - step rapid detection of fumonisin B₁, deoxyonivalenol and zearalenone in grains [J/OL]. *Food Control*, 2020, 117: 107107 [2021 - 02 - 25]. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107107>.
- [9] 李喜田. 食用植物油加工质量的影响因素及控制[J]. *中国油脂*, 2020, 45(7): 110 - 113.
- [10] 张静. 浅析土壤污染现状与防治措施[J]. *农业与技术*, 2020 (11): 130 - 132.
- [11] 张驰, 谢文磊. 浅谈食用油脂的安全问题[J]. *食品安全导刊*, 2015(21): 29.
- [12] 姚晶, 樊婷, 苏春燕, 等. 食用植物油组分分析快速检测技术研究进展[J]. *粮油食品科技*, 2020, 28(2): 97 - 102.
- [13] AL - RUZOUQ R, GIBRIL M B A, SHANABLEH A, et al. Sensors, features, and machine learning for oil spill detection and monitoring: a review [J/OL]. *Remote Sensing*, 2020, 12 (20): 3338 [2021 - 02 - 25]. <https://doi.org/10.3390/rs12203338>.
- [14] ZHAO Y, WANG H, ZHANG P, et al. Rapid multiplex detection of 10 foodborne pathogens with an up - converting phosphor technology - based 10 - channel lateral flow assay [J/OL]. *Sci Rep*, 2016, 6: 21342 [2021 - 02 - 25]. <https://doi.org/10.1038/srep21342>.
- [15] KONG D Z, LIU L Q, SONG S S, et al. A gold nanoparticle - based semi - quantitative and quantitative ultrasensitive paper sensor for the detection of twenty mycotoxins[J]. *Nanoscale*, 2016, 8: 5245 - 5253.
- [16] PENG J, LIU L Q, XU L G, et al. Gold nanoparticle - based paper sensor for ultrasensitive and multiple detection of 32 (fluoro) quinolones by one monoclonal antibody[J]. *Nano Res*, 2017, 10(1): 108 - 120.
- [17] 李向梅, 刘志威, 陈晓敏, 等. 食品安全免疫层析检测技术研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11 (15): 4939 - 4955.
- [18] RODA A, MICHELINI E, ZANGHERI M, et al. Smartphone - based biosensors: a critical review and perspectives[J]. *Trac - trend Anal Chem*, 2016, 79: 317 - 325.
- [19] 王忠兴, 郭玲玲, 匡华. 食品安全免疫层析检测技术研发及应用进展[J]. *生物产业技术*, 2019(4): 73 - 79.
-
- (上接第 100 页)
- [4] LAWSON L D, HUGHES B G. Human absorption of fish oil fatty acids as triacylglycerols ,free acids, or ethyl esters [J]. *Biochem Biophys Res Commun*, 1988, 152 (1): 328 - 335.
- [5] IKEDA I, SASAKI E, YASUNAMI H, et al. Digestion and lymphatic transport of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids given in the form of triacylglycerol, free acid and ethyl ester in rats [J]. *Biochim Biophys Acta*, 1995, 1259:297 - 304.
- [6] 田龙, 林文, 王志祥, 等. 深海鱼油中 EPA 和 DHA 的富集方法研究进展[J]. *药物生物技术*, 2008, 15 (6): 489 - 492.
- [7] 王卫飞, 马永钧, 范海星, 等. 酶法合成富含 DHA、EPA 甘油三酯的研究[J]. *中国油脂*, 2011, 36(2): 5 - 8.
- [8] 潘志杰, 陈小娥, 王卫飞, 等. 脂肪酶催化鱼油醇解富集 EPA 和 DHA 的研究[J]. *农业机械*, 2012(3): 40 - 43.
- [9] MEDINA A R, CERDAN L E, GIMENEZ A G, et al. Lipase - catalyzed esterification of glycerol and polyunsaturated fatty acids from fish and microalgae oils [J]. *J Biotechnol*, 1999, 70: 379 - 391.
- [10] 郭正霞, 孙兆敏, 张芹, 等. 酶法催化乙酯甘油酯酯交换制备富含 EPA 和 DHA 的甘油酯[J]. *食品工业科技*, 2012(20): 176 - 180.
- [11] 宋诗军, 夏松养, 林晓坪, 等. 酶法制备高含量 EPA、DHA 甘油酯[J]. *农业机械*, 2013(11): 47 - 51.
- [12] 郑建永, 张石自, 王升帆, 等. 米曲霉脂肪酶催化鱼油酯酯交换制备高含量 EPA/DHA 甘油酯的研究[J]. *中国油脂*, 2017, 42(7): 111 - 114.
- [13] 洪毅敏, 马金萍, 张艳纹, 等. 气相色谱法测定乙酯型鱼油微胶囊产品中 EPA 乙酯和 DHA 乙酯含量[J]. *中国油脂*, 2015, 40(12): 88 - 91.