

2015—2020年我国食用植物油质量安全风险因素分析

杨朝慧^{1,2}, 吴炜亮¹, 张 朵¹, 莫丽芬¹, 杨杏芬¹

(1. 南方医科大学 公共卫生学院, 食品安全与健康研究中心, 广东省热带病研究重点实验室, 广州 510515;

2. 华南农业大学 农业绿色发展研究中心, 广州 510642)

摘要:保障食用油质量安全一直是我国食品安全监管工作的重点和难点。基于2015—2020年2701份我国食用植物油抽检不合格数据,运用内容分析法对不合格植物油的品种、包装规格、产地和产业链主体特征进行了初步分析,对植物油不合格的原因进行了探讨。结果表明:过氧化值和酸值超标、苯并(a)芘超标、黄曲霉毒素B₁超标、溶剂残留量超标、非法添加乙基麦芽酚和脂肪酸组成不合格是导致我国食用植物油质量安全问题的主要风险因素。运用交叉分析法和方差分析法分别识别了食用植物油质量安全风险因素在不同植物油品种、包装规格、产地和产业链主体中检出频率和检测值的差异,旨在为采取更具针对性的监管措施应对食用植物油质量安全风险,进而提高食用植物油质量安全水平提供借鉴。

关键词:食用植物油;质量安全;监督检查;不合格数据;风险因素

中图分类号:TS225.1;TS227 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)12-0069-10

Quality and safety risk factors of edible vegetable oil in China from 2015 to 2020

YANG Zhaohui^{1,2}, WU Weiliang¹, ZHANG Duo¹, MO Lifan¹, YANG Xingfen¹

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Tropical Disease Research, Food Safety and Health Research Center, School of Public Health, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China; 2. Research Center for Green Development of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Ensuring the quality and safety of edible oil has always been the focus and difficulty of food safety supervision work in China. Based on 2701 unqualified samples of edible vegetable oil sampling inspection in China from 2015 to 2020, a preliminary analysis of oil types, packaging specifications, origins and industrial chain entities characteristics of unqualified vegetable oil was conducted by content analysis method, and the causes for unqualified vegetable oil were discussed. The results showed that the excessive peroxide value and acid value, the excessive benzo (a) pyrene, the excessive aflatoxin B₁, the excessive solvent residue, illegal addition of ethyl maltol, and unqualified fatty acid composition were the main risk factors leading to quality and safety problems of edible vegetable oil in China. Moreover, the cross-analysis method and analysis of variance were used to identify the differences in the frequency of detection and detection values of edible vegetable oil quality and safety risk factors among different oil types, packaging specifications, origins and different industrial chain entities respectively, so as to provide reference for taking more targeted regulatory measures to deal with the quality and safety risk of edible vegetable oil and improving the quality and safety level of edible vegetable oil.

Key words: edible vegetable oil; quality and safety; supervisory spot checks; unqualified data; risk factor

收稿日期:2021-05-28;修回日期:2021-08-12

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC1602206);教育部人文社会科学研究规划基金项目(18YJAZH115);中国博士后科学基金面上资助项目(2020M682819)

作者简介:杨朝慧(1992),女,博士后,研究方向为食品安全管理、风险交流(E-mail) zhaohuiscau@163.com。

通信作者:杨杏芬,教授(E-mail) xfyang@vip.163.com。

作为居民膳食的重要组成部分,食用油与人们的生活、健康息息相关^[1]。根据来源,食用油可分为食用植物油和食用动物油两类,常见的食用油多为植物油。食用植物油中含有脂肪酸、类胡萝卜素、多酚和维生素E等多种营养成分,能够为人体提供脂肪和热量^[2]。一个健康的成年人每天大约

需要 0.5 g 的 $\omega-3$ 脂肪酸,其中 α -亚麻酸不能在人体内自然合成,只能从日常饮食的油脂中摄取^[3]。随着我国经济的快速发展和人们生活水平的不断提高,无论是食用植物油的产量、贸易量还是人们的消费量和需求量都非常巨大,且保持刚性稳定增长趋势。2015—2019 年,我国主要植物油料(大豆、油菜籽、芝麻、亚麻籽、花生、棉籽和葵花籽)的总产量由 5 861.7 万 t 增长至 6 655.0 万 t,主要植物油(大豆油、葵花籽油、花生油、亚麻籽油、棕榈油、橄榄油和菜籽油)的进口量由 838.9 万 t 增长至 957.9 万 t,主要植物油(大豆油、菜籽油、棕榈油、花生油、葵花籽油和油茶籽油)的消费量由 3 287 万 t 增长至 3 600 万 t^[2]。食用油的质量安全不仅关系着消费者的身体健康,也关系着相关食品产业的发展和食用油贸易的稳定。对食用油进行抽检和监测一直是我国食品安全监管工作的重要组成部分。目前,我国食用油脂及其制品的质量安全整体形势良好,但是依然存在黄曲霉毒素超标、质量指标不合格和重金属污染等系列问题^[4]。已检出的不合格项目是客观存在的食品安全风险的外在表现,对抽检不合格项目进行深入分析有利于进一步精准识别食用油的质量安全风险,进而采取更加有效的监督管理措施。

本文主要对我国国家市场监督管理总局和各省、市、自治区市场监管局 2015—2020 年间通报的食用植物油抽检不合格数据进行了系统分析,以期全面、客观地了解我国食用植物油存在的质量安全问题和风险,准确把握我国食用植物油的质量安全状况,为监管部门优化监管提供数据支持,为生产加工企业提高食用油质量安全水平提供决策参考。

1 数据来源、研究方法和样本特征

1.1 数据来源

本文所应用的数据主要来自于 2015—2020 年

国家市场监督管理总局和各省、市、自治区市场监管局对外通报的抽检结果为“不合格”的食品数据,筛选的食品类别是食用油脂及其制品中的“食用植物油”,形成了一份含有 2 701 份食用植物油抽检不合格项目的数据库,主要信息包括产品名称、通报级别、通报单位、通报时间、通报文号、抽检级别、不合格项目分类、不合格项目、检测值、检测限值、规格型号、生产时间和生产企业名称等。

1.2 研究方法

本文用到的研究方法主要有 3 种:内容分析法、交叉分析法和方差分析法。首先,通过内容分析法对所有不合格食用植物油数据进行编码处理,选择不合格食用油的品种、包装规格、产地、产业链主体和不合格项目作为主要的分析维度,同时设定每个维度的具体分类,在形成的编码表中进一步对数据进行量化处理;其次,采用交叉分析法进一步识别不同品种、包装规格、产地、产业链主体的食用油质量安全风险因素在检出频率上的差异;最后,利用单因素 ANOVA 方差分析检验不同质量安全风险因素在不同品种、包装规格、产地和产业链主体中检测值的差异。

1.3 样本特征

总体上,从通报级别来看,2 701 份食用植物油不合格数据的抽检级别主要有“国抽”和“省抽”两种,其中:国抽 924 份,占比 34.21%;省抽 1 777 份,占比 65.79%。从通报时间来看,2015—2020 年间,通报的不合格食用植物油分别有 795、562、441、289、195 份和 419 份,在数量上总体呈现逐渐减少近期略有反弹的趋势。

1.3.1 不合格食用植物油的品种特征

2015—2020 年我国不合格食用植物油品种统计见表 1。

表 1 2015—2020 年我国不合格食用植物油品种统计

品种	数量(份)	占比/%	品种	数量(份)	占比/%
菜籽油	601	22.25	橄榄油(特级初榨橄榄油 14 份)	22	0.81
花生油	490	18.14	稻米油(米糠油 5 份)	16	0.59
芝麻油	359	13.29	葡萄籽油	7	0.26
食用植物调和油	220	8.15	黄芥油	6	0.22
大豆油	200	7.40	煎炸用植物油	5	0.19
胡麻油(亚麻籽油 54 份)	190	7.03	花椒籽油	4	0.15
葵花籽油	178	6.59	棕榈油	4	0.15
油茶籽油	140	5.18	紫苏籽油	3	0.11
棉籽油	110	4.07	椰子油	3	0.11
核桃油	42	1.55	其他(杏仁油、松子油、沙棘籽油等)	9	0.33
红花籽油	42	1.55	不详	21	0.78
玉米油	29	1.07	合计	2 701	100.00

由表1可知,菜籽油、花生油、芝麻油、食用植物调和油、大豆油、胡麻油(含亚麻籽油)、葵花籽油、油茶籽油和棉籽油是抽检的主要不合格食用油品种,共有2488份,占抽检不合格总数的92.11%。其中,菜籽油、花生油和芝麻油的不合格数量排名前三,不合格占比之和超过50%。

1.3.2 不合格食用植物油的包装规格特征

2015—2020年我国不合格食用植物油包装规格统计见表2。由表2可知,5L及以下的小包装油不合格数量最多,有1987份,占比73.57%。其中,1L及以下、4~5L(包括5L)以及1~2L(包括2L)包装规格的食用植物油不合格数量分别是750、610份和463份,各占比27.77%、22.58%和17.14%。此外,散装油的不合格问题也较多,不合格数量和占比分别是520份和19.25%。

表2 2015—2020年我国不合格食用植物油包装规格统计

包装规格	数量(份)	占比/%
小包装油(5L及以下)	1987	73.57
1L及以下	750	27.77
1~2L(包括2L)	463	17.14
2~3L(包括3L)	122	4.52
3~4L(包括4L)	42	1.55
4~5L(包括5L)	610	22.58
大包装油(5L以上)	81	3.00
散装油	520	19.25
不详	113	4.18
合计	2701	100.00

1.3.3 不合格食用植物油的产地特征

2015—2020年我国不合格食用植物油产地统计见表3。

表3 2015—2020年我国不合格食用植物油产地统计

产地	数量(份)	占比/%	产地	数量(份)	占比/%	产地	数量(份)	占比/%
新疆	469	17.36	河北	69	2.55	青海	33	1.22
广东	313	11.59	吉林	68	2.52	海南	30	1.11
山东	145	5.37	宁夏	67	2.48	浙江	29	1.07
安徽	143	5.29	江苏	65	2.41	辽宁	24	0.89
湖北	115	4.26	贵州	64	2.37	上海	20	0.74
河南	109	4.04	广西	61	2.26	北京	19	0.70
甘肃	107	3.96	山西	57	2.11	云南	18	0.67
重庆	90	3.33	内蒙古	48	1.78	天津	8	0.30
四川	87	3.22	江西	45	1.67	国外	4	0.15
黑龙江	84	3.11	陕西	41	1.52	不详	153	5.66
湖南	80	2.96	福建	36	1.33	合计	2701	100.00

由表3可知,产自新疆、广东、山东、安徽、湖北、河南、甘肃、重庆、四川和黑龙江等省市或自治区的食用植物油在抽检中被检出的不合格数量较多,以上10个地区不合格食用植物油的数量共有1662份,占比达61.53%。

1.3.4 不合格食用植物油的产业链主体特征

2015—2020年我国不合格食用植物油产业链主体统计见表4。

由表4可知:在压榨加工环节,生产加工企业、加工厂和榨油坊检出的不合格数量较多,分别有681、370份和127份,各占比25.21%、13.70%和4.70%;在批发零售环节,商贸公司/批发部门、百货商店和超市、粮油食品店的不合格率较高,不合格食用油分别有363、594份和291份,各占比13.44%、21.99%和10.77%;在餐饮服务环节,餐饮公司/餐饮店/食堂检出的不合格食用油共有131份,占比4.85%。

表4 2015—2020年我国不合格食用植物油产业链主体统计

产业链各环节抽样单位	数量(份)	占比/%
压榨加工环节	1223	45.28
生产加工企业(有限公司)	681	25.21
加工厂	370	13.70
农民专业合作社	45	1.67
榨油坊	127	4.70
批发零售环节	1302	48.20
商贸公司/批发部门	363	13.44
百货商店和超市	594	21.99
粮油食品店	291	10.77
网络销售平台	31	1.15
个体工商户	23	0.85
餐饮服务环节		
餐饮公司/餐饮店/食堂	131	4.85
不详	45	1.67
合计	2701	100.00

2 我国食用植物油质量安全风险因素及交叉分析

2.1 我国食用植物油抽检不合格项目分析

2015—2020年我国食用植物油抽检不合格项目统计见表5。由表5可知,质量指标不合格是导致我国食用油不合格的首要原因,相关的不合格数量有1555份,占比达57.57%。其中,过氧化值、酸值、溶剂残留量超标和脂肪酸组成不合格是问题较为突出的,不合格数量分别是500、640、231份和179份,各占不合格总数的18.51%、23.69%、8.55%和6.63%。污染物超标是我国食用油不合格的次要原因,主要的污染物是苯并(a)芘(549份,20.23%),还有少量的重金属(铅和总砷)和邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(增塑剂)。生物毒素特别是黄曲霉毒素B₁超标也是我国食用油不合格的重要原因,由黄曲霉毒素B₁超标导致的抽检不合格有283份,占比达10.48%。此外,非法或超量添加食品添加剂也是导致我国食用油不合格的主要原因,尤其是非法添加乙基麦芽酚,

相关的不合格数量有188份,占比6.96%。

需要注意的是,标签不合格也是常见的食用油不合格项目。根据2018年修订版《食品安全法》第125条的规定,若食品标签不符合法律的有关要求,但是不影响食品安全且不会对消费者造成误导的,可被认定为标签瑕疵。如果标签标注的内容不真实,不符合食品安全的标准要求,或违反了《食品安全法》规定的禁止性条款,或存在误导消费者的内容(限于与食品安全有关的误导),就不适应于“标签瑕疵除外条款”^[5]。标签瑕疵可能是标签不合格的原因,这类问题不会危害消费者的身体健康,但是不属于标签瑕疵的不合格标签则可能影响食品质量安全。本研究由于无法从原始数据中判断标签不合格是否是标签瑕疵引起的,因此未将标签不合格列入到影响食用油质量安全的因素中。综上所述,影响我国食用植物油质量安全的风险因素主要有过氧化值超标、酸值超标、苯并(a)芘超标、黄曲霉毒素B₁超标、溶剂残留量超标、非法添加乙基麦芽酚和脂肪酸组成不合格。

表5 2015—2020年我国食用植物油抽检不合格项目统计

不合格项目(份数,占比)	不合格项目	数量(份)	占比/%
质量指标 (1555份,57.57%)	过氧化值超标	500	18.51
	酸值超标	640	23.69
	溶剂残留量超标	231	8.55
	脂肪酸组成不合格	179	6.63
污染物 (577份,21.36%)	其他不合格(色泽27份、加热试验7份、羰基值4份、油脂定性试验4份、折光指数3份、水分及挥发物2份、其他7份)	51	1.89
	苯并(a)芘超标	549	20.33
	邻苯二甲酸二丁酯(DBP)(12份)、邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯超标 铅(16份)、总砷超标	13 19	0.48 0.70
生物毒素 (283份,10.48%)	黄曲霉毒素B ₁ 超标	283	10.48
添加剂 (194份,7.18%)	非法添加乙基麦芽酚	188	6.96
	超量添加特丁基对苯二酚(TBHQ)(4份)、苯甲酸和糖精钠(各1份)	6	0.22
标签 (164份,6.07%)	①未标识食品营养标签(脂肪、碳水化合物、能量、钠和蛋白质等)或营养成分表达单位标识错误; ②未标识产品质量等级、配料表、是否转基因、加工工艺、原料原产地、食品产地、厂商信息和贮存条件等或标识不符合规定; ③产品名称不能反映产品的真实属性; ④在标签上利用语言、符号、图形、字体大小或色差等误导消费者混淆食用植物调和油和食用植物油; ⑤在标签上着重把国家禁止添加的食品添加剂进行不添加声明,误导消费者混淆其与未标识不添加该添加剂的产品。	164	6.07

注:由于部分抽检食用植物油存在多个不合格项目,因此各不合格项目的数量之和大于2701,占比之和大于100%。

2.1.1 过氧化值和酸值超标

过氧化值和酸值是反映油脂酸败程度的关键指标^[6-7],过氧化值和酸值越高,食用油的品质就越差。过氧化值和酸值过高会对人体健康产生损害,不仅可能引发肠胃不适、腹泻、肝脏损伤等危害,油

脂酸败过程中产生的醛类物质还可能在人体代谢的过程中与蛋白质、DNA结合,造成肝硬化、心血管疾病、帕金森病和阿尔茨海默病等多种疾病^[8-9]。导致过氧化值和酸值超标的原因主要可以分为三类:一是原料不合格或存储不当;二是加工工艺不达标;

三是存储时间过长或存储的温度、湿度、氧气、光照和水分等环境条件控制不当^[4]。因此,预防食用油酸败的关键是要把控好原料、加工工艺、贮运时间、贮运方法和条件等因素。

2.1.2 溶剂残留量超标

浸出法和压榨法是制取食用植物油最主要的两种方法,其中浸出法是国内外制取油脂的主要方法,其应用萃取原理,将可以溶解油脂的六号溶剂与油料充分接触进而萃取出油料中的油脂,并在后续的工艺中进行脱溶处理,若溶剂没被有效去除,就会产生溶剂残留量超标的问题。压榨法制油不需要加溶剂和脱溶,因此理论上使用压榨法生产的食用油中没有溶剂残留,但是在实际的抽检工作中也可能在压榨生产的食用油中检出溶剂残留量超标的问题,可能的原因有:①加工过程中脱水干燥环节温度过高,生成烷烃类物质,在检测过程中很容易将烷烃类物质误认为溶剂残留;②由于很多消费者偏爱压榨油,因此为了获取更大的收益,有些企业违规将使用浸出工艺生产的食用油对外标称使用的是压榨工艺;③有些厂商故意在合格的食用油中掺假^[10-11]。长期摄入溶剂残留量超标的食用油会危害人体的神经和造血系统^[4]。避免溶剂残留量超标需要油企通过正规渠道购买溶剂,按照国家规定的工艺和标准生产,加强对毛油脱溶工序的监控,同时防止机械设备润滑油的污染。

2.1.3 脂肪酸组成不合格

食用油中的脂肪酸包括饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸,脂肪酸组成是油品纯度的特征指标,每种食用油都有其特征脂肪酸图谱和相对稳定的脂肪酸比例,脂肪酸的组成和比例也是衡量食用油营养价值最重要的指标^[12]。若脂肪酸组成不合格,有可能是油品混装、混存或设备、容器清理不彻底引起的,但是若一些高价值高品质的食用油特征脂肪酸比例不达标,则很有可能是掺入了其他廉价油品,例如花生油中掺入其他植物油,则其特征脂肪酸花生烯酸的比例就会降低,若油茶籽油中掺入了其他食用油,则其特征脂肪酸油酸的含量就会低于其标准范围(2018年12月以前为74.0%~87.0%,之后为68.0%~87.0%)。因此,脂肪酸组成不合格要特别警惕主观故意的经济利益驱动型掺假行为。

2.1.4 苯并(a)芘超标

苯并(a)芘是世界公认的三大致癌物(黄曲霉毒素、苯并(a)芘和亚硝胺类)之一,2017年世界卫生组织国际癌症研究机构将其列为一类致癌物。苯并(a)芘不仅有强致癌性,还有致畸、致突变效应,

能够损伤人体肝脏、中枢神经、血液和DNA的修复能力^[13]。苯并(a)芘有较强的亲油性,因此在产业链中的多个环节都可能污染油料和油脂。GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中规定,油脂及其制品中苯并(a)芘的限量为小于等于10 μg/kg。食用油中苯并(a)芘超标的原因可能是原料受到了污染,例如油料作物在生长或晾晒的过程中吸收了环境中的多环芳烃类污染物,除此之外,主要在于生产企业对加工工艺把控不严,例如机械设备落后、加工过程温度控制不当、溶剂和包装材料不合格等。为降低食用油中苯并(a)芘的含量,企业可以改良加工工艺、严格控制加工过程、淘汰落后加工设备、采用活性炭吸附和酶促降解等各种减控技术。

2.1.5 黄曲霉毒素 B₁ 超标

黄曲霉毒素 B₁ 对人体具有很强的肝脏毒性、肾脏毒性、致突变性、免疫抑制和致癌性,是最常见且毒性最强的人类确切致癌物^[14]。黄曲霉毒素 B₁ 主要存在于各种农作物和油料副产品中,以花生和玉米最为严重。我国 GB 2761—2017《食品安全国家标准 食品中真菌毒素限量》中规定花生油和玉米油中黄曲霉毒素 B₁ 的限量为小于等于20 μg/kg,其他植物油为小于等于10 μg/kg。黄曲霉毒素 B₁ 常存在于霉变的花生中,尤其是南方高温潮湿气候下花生原料更容易发生霉变。散装土榨花生油中黄曲霉毒素 B₁ 超标比较常见,特别是一些生产条件简陋、卫生状况较差、加工工艺简单的小作坊生产的花生油,这些小作坊主要依靠人工挑拣出霉变的原料,甚至有些黑作坊直接使用霉变的原料,不具备吸附、皂化、脱色等精炼工艺,无法有效去除黄曲霉毒素 B₁ 的污染,而正规的食用油生产企业会在毛油精炼过程中通过活性白土吸附法、碱炼法、紫外线裂解等工序根除原料霉变导致的黄曲霉毒素 B₁ 污染。尽管如此,一些正规厂家生产的食用油也会被检出黄曲霉毒素 B₁ 超标,这可能是由于生产者没有严格挑选和监测原料,未精炼或精炼工艺控制不当所致。

2.1.6 非法添加乙基麦芽酚

乙基麦芽酚是一种能够显著改善和增强食品香味和甜味的人工合成食品用香料,根据 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂食用标准》的规定,动植物油脂中不得添加食品用香料和香精。过量食用乙基麦芽酚可能会导致恶心、呕吐和呼吸困难,甚至造成肝、肾损伤以及骨骼和关节的提前脆变、癌变等^[15]。一些不法企业受经济利益的驱动在食用油中非法添加乙基麦芽酚增加香味,或者以次充好用便宜的食用油和乙基麦芽酚勾兑冒充高档食

用油。除了非法添加之外,在食用植物油中检出的乙基麦芽酚还有可能来自生产过程中的蒸炒环节,在高温蒸炒的条件下,会因焦糖化和油脂氧化等反应产生一些包括乙基麦芽酚在内的挥发性风味物质。

2.2 我国食用植物油质量安全风险因素交叉分析

2.2.1 不同品种食用植物油质量安全风险因素分析

为了进一步确定食用植物油质量安全风险因素在不同植物油品种间检出频数的差异,对主要不合格食用植物油质量安全风险因素进行交叉分析,结

果见表6。由表6可看出:①过氧化值和酸值超标在不同品种食用油中都非常突出;②芝麻油中苯并(a)芘超标最严重,其次为菜籽油、胡麻油、葵花籽油、棉籽油和油茶籽油;③黄曲霉毒素 B₁ 超标的问题主要存在于花生油中;④溶剂残留量超标在菜籽油、大豆油和棉籽油中较为明显;⑤大部分非法添加乙基麦芽酚的问题存在于食用植物调和油和芝麻油中;⑥脂肪酸组成不合格在菜籽油、胡麻油、花生油和芝麻油中被检出的较多。

表6 不同品种食用植物油质量安全风险因素分析

品种(份数)	主要质量安全风险因素份数(份)					
	过氧化值+酸值(140+500+640)	苯并(a)芘(549)	黄曲霉毒素 B ₁ (283)	溶剂残留量(231)	乙基麦芽酚(188)	脂肪酸组成(179)
菜籽油(601)	308(125+183)	111	1	84	4	43
花生油(490)	165(62+103)	23	273	1	0	37
芝麻油(359)	104(13+91)	135	1	8	72	24
食用植物调和油(220)	84(27+57)	20	2	3	111	1
大豆油(200)	88(48+40)	24	0	73	1	7
胡麻油(含亚麻籽油)(190)	60(23+37)	65	1	12	0	39
葵花籽油(178)	98(55+43)	41	0	2	0	7
油茶籽油(140)	85(62+23)	34	1	1	0	10
棉籽油(110)	25(22+3)	36	0	42	0	0
核桃油(42)	30(12+18)	17	0	0	0	0
红花籽油(42)	25(18+7)	11	0	0	0	2
玉米油(29)	20(9+11)	6	0	0	0	3
橄榄油(22)	12(8+4)	0	0	0	0	4

2.2.2 不同包装规格食用植物油质量安全风险因素分析

不同包装规格食用植物油质量安全风险因素分析结果见表7。

由表7可知:①过氧化值和酸值超标是不同包装规格食用油中普遍存在的问题,尤其是1 L及以下、4~5 L(包括5 L)规格的小包装食用油和散装油,其中,特别需要注意的是散装油,其安全隐患较

多,质量堪忧;②1 L及以下、1~2 L(包括2 L)、4~5 L(包括5 L)规格的小包装食用油以及散装油中苯并(a)芘超标的检出比例较高;③散装油中黄曲霉毒素 B₁ 超标问题最严重;④4~5 L(包括5 L)规格的小包装食用油中检出溶剂残留量超标的比例最高;⑤1 L及以下规格的小包装食用油中非法添加乙基麦芽酚检出数量最多;⑥不同包装规格的食用油中整体都有脂肪酸组成不合格的问题。

表7 不同包装规格食用植物油质量安全风险因素分析

包装规格(份数)	主要质量安全风险因素份数(份)					
	过氧化值+酸值(140+500+640)	苯并(a)芘(549)	黄曲霉毒素 B ₁ (283)	溶剂残留量(231)	乙基麦芽酚(188)	脂肪酸组成(179)
小包装油(5 L及以下)						
1 L及以下(750)	335(150+185)	210	13	25	119	30
1~2 L(包括2 L)(463)	187(106+81)	101	20	49	27	44
2~3 L(包括3 L)(122)	69(20+49)	29	2	13	2	4
3~4 L(包括4 L)(42)	18(11+7)	4	2	10	0	0
4~5 L(包括5 L)(610)	249(102+147)	116	17	97	39	44
大包装油(5 L以上)(81)	44(30+14)	13	2	15	1	3
散装油(520)	200(63+137)	58	208	14	0	35

2.2.3 不同产地食用植物油质量安全风险分析

不同产地食用植物油质量安全风险分析结果见表8。

由表8可知:①不同产地的食用植物油均不同程度地存在过氧化值和酸值超标、溶剂残留量超标的问题;②苯并(a)芘超标问题在广东和重庆相对

较少;③产自广东的食用植物油黄曲霉毒素 B₁ 超标问题的检出比例最高,这主要与当地高温潮湿的气候以及民众偏爱食用土榨花生油有关;④在抽检的不合格食用植物油中,产自广东、山东、安徽和河南等地区的食用油中检出非法添加乙基麦芽酚的数量较多。另外,产自安徽的食用植物油中检出脂肪酸组成不合格的数量相对较多。

表8 不同产地食用植物油质量安全风险分析

产地 (份数)	主要质量安全风险因素份数(份)					
	过氧化值+酸值(1 140) (500+640)	苯并(a)芘 (549)	黄曲霉毒素 B ₁ (283)	溶剂残留量 (231)	乙基麦芽酚 (188)	脂肪酸组成 (179)
新疆(469)	231(83+148)	102	0	43	0	6
广东(313)	115(26+89)	4	150	4	33	4
山东(145)	53(20+33)	47	7	6	33	1
安徽(143)	55(29+26)	31	0	10	25	13
湖北(115)	61(31+30)	42	0	12	0	1
河南(109)	50(21+29)	33	2	5	25	0
甘肃(107)	57(23+34)	32	0	2	0	0
重庆(90)	53(14+39)	6	0	2	11	1
四川(87)	50(31+19)	15	0	12	4	8
黑龙江(84)	36(18+18)	20	0	31	0	0

2.2.4 食用植物油产业链主体质量安全风险分析

食用植物油产业链主体质量安全风险分析结果见表9。

由表9可知:①产业链各环节中都有可能检出过氧化值和酸值超标、苯并(a)芘超标、溶剂残留量超标,特别是压榨加工环节中的食用植物油生产加工企业和加工厂,批发零售环节中的百货商店和超

市、商贸公司/批发部门和粮油食品店;②压榨加工环节中的加工厂和榨油坊、批发零售环节的粮油食品店以及餐饮服务单位中黄曲霉毒素 B₁ 超标检出率比较高;③在百货商店和超市抽检的食用植物油中因非法添加乙基麦芽酚不合格的数量最多;④在批发零售环节(百货商店和超市、粮油食品店、商贸公司/批发部门)中检出的脂肪酸组成不合格的数量稍多。

表9 食用植物油产业链主体质量安全风险分析

产业链各环节中主要 抽样单位(份数)	主要质量安全风险因素份数(份)					
	过氧化值+酸值(1 140) (500+640)	苯并(a)芘 (549)	黄曲霉毒素 B ₁ (283)	溶剂残留量 (231)	乙基麦芽酚 (188)	脂肪酸组成 (179)
压榨加工环节						
生产加工企业 (有限公司)(681)	340(177+163)	176	9	57	16	12
加工厂(370)	150(47+103)	57	93	16	1	14
农民专业合作社(45)	28(9+19)	13	0	0	1	0
榨油坊(127)	48(7+41)	22	32	2	0	8
批发零售环节						
商贸公司/批发部门(363)	147(61+86)	71	16	47	37	37
百货商店和超市(594)	219(101+118)	133	17	69	109	49
粮油食品店(291)	110(46+64)	39	63	32	13	40
网络销售平台(31)	19(12+7)	6	2	3	0	1
个体工商户(23)	6(5+1)	2	0	1	6	8
餐饮服务环节						
餐饮服务单位(131)	58(24+34)	18	40	4	5	3

3 我国食用植物油质量安全风险因素方差分析

采用方差分析法分别检验不合格食用植物油中检出的过氧化值、酸值、苯并(a)芘、黄曲霉毒素 B_1 、溶剂残留量和乙基麦芽酚的检测值在不同品种、包装规格、产地和产业链中的差异性,结果见表10。由于脂肪酸的种类较多,其检测值和法规限值无法统一,故未将脂肪酸组成不合格项目纳入到方差分

析中。另外,由于过氧化值和酸值在不同品种的食用植物油中限量要求不同,进行比较不具有现实意义,因此未对不同品种食用植物油的过氧化值和酸值检测值进行比较。

根据表10的方差分析结果,对各特征进行多重比较分析,结果见表11~表14。

表10 单因素方差分析结果(p 值)

特征	过氧化值超标	酸值超标	苯并(a)芘超标	黄曲霉毒素 B_1 超标	溶剂残留量超标	非法添加乙基麦芽酚
品种	-	-	0.014**	-	0.001***	0.460
包装规格	0.052*	0.000***	0.737	0.239	0.076*	0.011**
产地	0.054*	0.000***	0.393	-	0.103	0.359
产业链	0.156	0.002***	0.097*	0.840	0.001***	0.054*

注:***表示1%的显著性水平,**表示5%的显著性水平,*表示10%的显著性水平。下同

表11 基于食用植物油品种的多重比较分析结果

风险因素	品种(I)	品种(J)	平均差异(I-J)	标准误差	显著度
苯并(a)芘超标	胡麻油(38.78 $\mu\text{g}/\text{kg}$)	棉籽油(22.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$)	16.63 $\mu\text{g}/\text{kg}$	6.13 $\mu\text{g}/\text{kg}$	0.085*
		菜籽油(46.19 mg/kg)	193.19 mg/kg	48.74 mg/kg	0.001***
溶剂残留量超标	棉籽油 (239.38 mg/kg)	大豆油(69.82 mg/kg)	169.56 mg/kg	51.12 mg/kg	0.009***
		胡麻油(34.75 mg/kg)	204.63 mg/kg	49.20 mg/kg	0.001***

注:括号里表示检测值的均值。下同

表12 基于食用植物油包装规格的多重比较分析结果

风险因素	包装规格(I)	包装规格(J)	平均差异(I-J)	标准误差	显著度
过氧化值超标	1 L及以下 (20.92 mmol/kg)	大包装油(5 L以上) (10.4 mmol/kg)	10.52 mmol/kg	3.58 mmol/kg	0.043**
		1~2 L(包括2 L)(1.87 mg/g)	1.71 mg/g	0.32 mg/g	0.000***
酸值超标	1 L及以下 (3.58 mg/g)	2~3 L(包括3 L)(2.02 mg/g)	1.56 mg/g	0.30 mg/g	0.000***
		4~5 L(包括5 L)(1.67 mg/g)	1.91 mg/g	0.31 mg/g	0.000***
		1~2 L(包括2 L)(1.87 mg/g)	1.74 mg/g	0.21 mg/g	0.000***
		散装油 (3.62 mg/g)	2~3 L(包括3 L)(2.02 mg/g)	1.60 mg/g	0.19 mg/g
非法添加乙基麦芽酚	1 L及以下 (6 463.93 $\mu\text{g}/\text{kg}$)	4~5 L(包括5 L)(1 042.82 $\mu\text{g}/\text{kg}$)	5 421.11 $\mu\text{g}/\text{kg}$	1 820.41 $\mu\text{g}/\text{kg}$	0.010**
		1~2 L(包括2 L)(911.89 $\mu\text{g}/\text{kg}$)	5 552.04 $\mu\text{g}/\text{kg}$	1 815.38 $\mu\text{g}/\text{kg}$	0.008***

表13 基于食用植物油产地的多重比较分析结果

风险因素	产地(I)	产地(J)	平均差异(I-J)/(mg/g)	标准误差/(mg/g)	显著度
酸值超标	新疆 (1.76 mg/g)	广东(3.42 mg/g)	-1.65	0.16	0.000***
		重庆(3.44 mg/g)	-1.67	0.29	0.000***
		安徽(2.82 mg/g)	-1.06	0.25	0.004***
	山东 (2.33 mg/g)	广东(3.42 mg/g)	-1.09	0.23	0.000***
重庆(3.44 mg/g)		-1.11	0.33	0.024**	

由表11可知,苯并(a)芘和溶剂残留量的检测值在不同品种的食用植物油中具有显著性差异。具体来说:①胡麻油中苯并(a)芘的检测值(38.78 $\mu\text{g}/\text{kg}$)比棉籽油(22.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$)高;②棉籽油中检出的溶剂残留量(239.38 mg/kg)显著高于菜籽油(46.195 mg/kg)、大豆油(69.82 mg/kg)和胡麻油

(34.75 mg/kg)。

由表12可知,过氧化值、酸值和乙基麦芽酚的检测值在不同包装规格的食用植物油中具有显著性差异。其中,1 L及以下包装规格的食用油检出的过氧化值均值是20.92 mmol/kg ,在5%的统计水平上显著高于5 L以上的大包装(检测均值为10.4

mmol/kg)。对于酸值超标来说,1 L及以下包装规格的食用植物油和散装油检测酸值(KOH)均值分别是3.58 mg/g和3.62 mg/g,均在1%的显著性水平下高于1~2 L(包括2 L)(1.87 mg/g)、2~3 L(包括3 L)(2.02 mg/g)和4~5 L(包括5 L)(1.67 mg/g)包装规格的食用植物油。1 L及以下包装规格的食用植物油乙基麦芽酚的检出量也是最高的,均值达6 463.93 $\mu\text{g}/\text{kg}$,显著高于1~2 L(包括2 L)(911.89 $\mu\text{g}/\text{kg}$)和4~5 L(包括5 L)(1 042.82

$\mu\text{g}/\text{kg}$)包装规格的食用植物油。

由表13可知,新疆和山东两地生产的食用植物油被检出的酸值相对较低。其中:产自新疆的食用植物油酸值(KOH)检出均值是1.76 mg/g,在1%的显著性水平上低于广东(3.42 mg/g)、重庆(3.44 mg/g)和安徽(2.82 mg/g);产自山东的食用植物油酸值(KOH)检出均值是2.33 mg/g,显著低于广东(3.42 mg/g)和重庆(3.44 mg/g)。

表14 基于抽样单位的多重比较分析结果

风险因素	抽样单位(I)	抽样单位(J)	平均差异(I-J)	标准误差	显著度
酸值超标	商贸公司/批发部门 (2.17 mg/g)	加工厂(3.08 mg/g)	-0.91 mg/g	0.23 mg/g	0.001***
		榨油坊(3.27 mg/g)	-1.10 mg/g	0.35 mg/g	0.031**
溶剂残留量超标	生产加工企业 (133.02 mg/kg)	加工厂(33.50 mg/kg)	99.52 mg/kg	30.05 mg/kg	0.013**
		百货商店和超市(41.01 mg/kg)	92.01 mg/kg	28.74 mg/kg	0.018**
非法添加乙基麦芽酚	粮油食品店 (225.16 mg/kg)	加工厂(33.50 mg/kg)	191.66 mg/kg	72.05 mg/kg	0.083*
		百货商店和超市 (6 004.73 $\mu\text{g}/\text{kg}$)	商贸公司/批发部门(879.50 $\mu\text{g}/\text{kg}$)	5 125.23 $\mu\text{g}/\text{kg}$	1 880.54 $\mu\text{g}/\text{kg}$
		粮油食品店(791.03 $\mu\text{g}/\text{kg}$)	3 213.70 $\mu\text{g}/\text{kg}$	1 912.65 $\mu\text{g}/\text{kg}$	0.037**

由表14可知,产业链中不同食用植物油生产经营主体中检出的酸值、溶剂残留量和乙基麦芽酚数值具有显著性差异。其中:加工厂(3.08 mg/g)和榨油坊(3.27 mg/g)检出的酸值(KOH)显著高于商贸公司/批发部门(2.17 mg/g)的;生产加工企业中检出的溶剂残留量超标(133.02 mg/kg)显著高于加工厂(33.50 mg/kg)、百货商店和超市(41.01 mg/kg)的;粮油食品店检出的溶剂残留量超标(225.16 mg/kg)显著高于加工厂(33.50 mg/kg)的;百货商店和超市中检出的非法添加乙基麦芽酚情况最严重,检测均值达6 004.73 $\mu\text{g}/\text{kg}$,显著高于商贸公司/批发部门(879.50 $\mu\text{g}/\text{kg}$)和粮油食品店(791.03 $\mu\text{g}/\text{kg}$)的。

4 结论与启示

对我国2015—2020年间2 701份不合格食用植物油数据分析发现,我国食用植物油存在的质量安全风险因素主要有过氧化值和酸值超标、苯并(a)芘超标、黄曲霉毒素 B_1 超标、溶剂残留量超标、非法添加乙基麦芽酚和脂肪酸组成不合格。通过对食用植物油质量安全风险因素和特征的交叉分析及方差分析发现:①不同品种、不同包装规格、不同产地和在不同单位中抽样的食用植物油过氧化值和酸值超标的问题比较普遍,特别是1 L及以下包装规格的食用油过氧化值相对偏高,1 L及以下包装规格的食用油和散装油的酸值相对偏高,另外在食用油加工厂中抽检的食用油酸值超标量相对高于其他

主体;②芝麻油和菜籽油、1 L及以下和4~5 L(包括5 L)、生产加工企业以及百货商店和超市中检出苯并(a)芘超标的问题频率较高;③绝大多数黄曲霉毒素 B_1 超标的问题在花生油、散装油和广东省中被检出;④菜籽油、大豆油和棉籽油中溶剂残留量超标较为严重;⑤非法添加乙基麦芽酚在食用植物调和油、1 L及以下包装规格的食用油以及百货商店和超市中被检出的最多,而且1 L及以下包装规格的食用油及百货商店和超市中检出的乙基麦芽酚含量相对较高;⑥高价格的食用油中检出脂肪酸组成不合格的问题需格外警惕经济利益驱动型掺假行为。另外,需要注意的是本文仅客观分析了被判定为不合格的食用植物油的状况,不能作为判断某个地区食用油质量安全水平高低的依据,如果某一地区检出的不合格食用油的量较多,也并不一定意味着该地区的食用油质量安全状况较差。判断某个地区食用油质量安全水平高低还需具体结合当地食品安全监管工作的开展状况。

保障食用植物油的质量安全需要政府、企业和消费者多方的共同努力。基于本研究,我们得到了如下几个方面的启示:①监管部门在加大对食用植物油监督力度的同时,可以根据不同品种、不同包装规格、不同产地和不同抽样主体食用植物油中存在的质量安全风险因素的特点差异化分配监管资源,进而提高监管效率,倒逼生产企业加强原辅料和加工过程的控制,减少食用植物油不合格的数量;②生

产加工企业是食用植物油质量安全的第一主体责任人,企业应从产业链的全过程加强质量安全管理,控制好原辅料的品质与安全,遵循国家标准与规范,严格控制生产加工流程,不断优化加工工艺,降低食用植物油生产加工过程的各种质量安全风险,提高所产食用油的质量安全水平;③加强对消费者的食品安全与营养健康科普宣传与教育,让更多的消费者了解食用植物油质量安全相关知识,逐步养成安全、健康的消费和饮食习惯,例如详细阅读所购食用植物油的标签,尽量不买散装油,家中不储存过多食用植物油,将食用植物油密封保存,避免高温和潮湿等。

参考文献:

- [1] 蔡天舒,卓佳青,张伟爱,等. 广东消费者对食用油和散装压榨食用油认知与消费行为的调查研究[J]. 中国油脂, 2019, 44(9): 104-108.
- [2] 孟桂元,涂洲溢,詹兴国,等. 我国植物油料油脂生产、消费需求分析及发展对策[J]. 中国油脂, 2020, 45(10): 1-4,27.
- [3] SALAH W A, NOFAL M. Review of some adulteration detection techniques of edible oils[J]. J Sci Food Agric, 2020, 101(3): 811-819.
- [4] 王赛楠,郭立净,智文莉,等. 食用油、油脂及其制品的质量安全风险分析与监管对策研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(9): 38-42,66.
- [5] 康临芳,马超雄. 食品标签民事纠纷的裁判思路[J]. 法律适用, 2016(8): 116-120.
- [6] KASOTE D K, BADHE Y S, HEGDE M V. Effect of mechanical press oil extraction processing on quality of linseed oil[J]. Ind Crops Prod, 2013, 42: 10-13.
- [7] 刘翠玲,刘浩言,孙晓荣,等. 食用油酸价与过氧化值近红外光谱模型转移研究[J]. 农业机械学报, 2020, 51(9): 344-349.
- [8] 刘芳,王超,杨菊,等. 油脂酸价和过氧化值检测方法的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(14): 4478-4482.
- [9] UCHIDA K. Role of reactive aldehyde in cardiovascular diseases[J]. Free Radical Bio Med, 2000, 28(12): 1685-1696.
- [10] 陈同强,李灿,邓鸣,等. 压榨植物油溶剂残留量超标问题研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(10): 104-106,111.
- [11] 金俊,张友峰,陈金平,等. 几种常见食用植物油溶剂残留量检测和残留溶剂组分分析[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(12): 75-78.
- [12] 魏永生,郑敏燕,耿薇,等. 常用动、植物食用油中脂肪酸组成的分析[J]. 食品科学, 2012, 33(16): 188-193.
- [13] 赵纪莹,孙琳娟,马利杰,等. 2017—2019年河南省市售食用植物油中苯并[a]芘污染调查[J]. 卫生研究, 2020, 49(5): 759-762,794.
- [14] 张威,张文中,郭平,等. 食用油中黄曲霉毒素 B₁ 快速测试纸的评价[J]. 食品科学, 2020, 41(12): 326-331.
- [15] 施元旭,张水锋,潘项捷,等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定菜籽油中乙基麦芽酚残留量的不确定度评定[J]. 中国油脂, 2021, 46(1): 141-145.
- [35] MOHAMED I O. Lipase - catalyzed acidolysis of palm mid fraction oil with palmitic and stearic fatty acid mixture for production of cocoa butter equivalent [J]. Appl Biochem Biotech, 2013(3): 655-666.
- [36] BAHARI A, AKOH C C. Synthesis of cocoa butter equivalent by enzymatic interesterification of illipe butter and palm midfraction[J]. J Am Oil Chem Soc, 2018, 95: 547-555.
- [37] MOHAMED I O. Lipase - catalyzed synthesis of cocoa butter equivalent from palm llein and saturated fatty acid distillate from palm oil physical refinery [J]. Appl Biochem Biotech, 2012, 168(6): 1405-1415.
- [38] LYNN N. Production of cocoa butter equivalent through enzymatic acidolysis[D]. Gent; Ghent University, 2012.
- [39] MOHAMED I O. Enzymatic synthesis of cocoa butter equivalent from olive oil and palmitic - stearic fatty acid mixture [J]. Appl Biochem Biotech, 2015, 175: 757-769.
- [40] CIFTCI O N, KOWALSKI B, GOEGUES F, et al. Effect of the addition of a cocoa butter - like fat enzymatically produced from olive pomace oil on the oxidative stability of cocoa butter[J]. J Food Sci, 2009, 74(4): 184-190.
- [41] 金青哲,金俊,王兴国. 一种 1-棕榈酸-2-油酸-3-硬脂酸甘油三酯脂肪的制备方法: CN201810199497.2[P]. 2018-03-12.
- [42] JIN J, MU H, WANG Y, et al. Production of high - melting symmetrical monounsaturated triacylglycerol - rich fats from mango kernel fat by acetone fractionation[J]. J Am Oil Chem Soc, 2017, 94(2): 201-213.

(上接第 49 页)