

# 地沟油鉴别的研究现状与展望

孙 通,许文丽,刘木华\*,王 晓

(江西农业大学生物光电技术及应用重点实验室,江西南昌 330045)

**摘 要:**国内地沟油制售问题较为严重,地沟油的餐桌化已成为目前国内最严重的食品安全问题之一,已危害到整个社会。本文简要地概述了地沟油的分类及其危害,并按鉴别指标顺序详细综述了国内地沟油鉴别的研究现状,并对鉴别指标的适用性进行评述。此外,对地沟油鉴别存在的难点进行分析,并提出相应的解决方法。最后,对今后地沟油鉴别的发展趋势进行了展望。

**关键词:**地沟油,废弃油脂,食品安全,鉴别指标

## Research progress and prospects on discrimination of hogwash oil

SUN Tong, XU Wen-li, LIU Mu-hua\*, WANG Xiao

(Optics-Electronics Application of Biomaterials Lab, Jiangxi Agricultural University, Nancang 330045, China)

**Abstract:** The problem of manufacture and sale of hogwash oil is more serious in our country, hogwash oil flowing into dining table is now becoming one of the most serious food safety issues in China, and has already endangered whole society. In this paper, the classification and harmfulness of hogwash oil was briefly summarized, the research progress of hogwash oil discrimination was reviewed according to discrimination index in detail, and the applicability of discrimination index was commented. Furthermore, existing difficulties of hogwash oil discrimination were analyzed and some solutions were proposed. At last, development trends in hogwash oil discrimination were pointed out.

**Key words:** hogwash oil; waste oil; food safety; discrimination index

中图分类号: TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)24-0418-05

地沟油,泛指生活中存在的各类劣质油。地沟油一般可分为三类:一是下水道中的油腻漂浮物或者酒楼、宾馆的剩饭、剩菜(通称泔水)收集后的上层浮油,经过简单加工、提炼出的油,即通常所说的泔水油(潲水油)或狭义的地沟油;二是劣质猪肉、猪内脏、猪皮加工提炼后产出的油;三是高温下反复用于油炸食品的油使用次数超过规定要求后,再被重复使用或往其中掺入一些新油后重新使用的油。由于地沟油回收、加工及提炼过程卫生条件恶劣,导致地沟油中含有多种有毒有害成分,重金属、细菌、真菌、黄曲霉毒素等严重超标,因此地沟油对人体具有很大的危害性,食用会引起消化不良、头痛、腹泻等不良反应,长期摄入甚至会导致胃癌、肠癌、肾癌及乳腺、卵巢、小肠等部位癌肿<sup>[1]</sup>。近年来,不法商贩受利益驱使,将地沟油经过加工提炼后作为食用植物油或以一定比例掺入食用植物油后出售,以期降低成本,牟取暴利,严重侵犯消费者的合法利益和危害消

费者的身体健康。为此,国家食品药品监督管理局办公室于2010年3月18日发布了《关于严防“地沟油”流入餐饮服务环节的紧急通知》(食药监办食(2010)25号)。但由于地沟油均经过不同程度的精炼(脱渣、脱水、脱色、脱酸、脱臭等),而且主要是以一定比例掺入食用植物油的形式出售,常规检测方法难以鉴别,导致地沟油监管难度大,无法从根本上解决问题。2011年9月13日,公安机关破获的一起特大地沟油制售食用油案件,查获地沟油100余吨。2012年3月21日,公安机关破获浙江金华特大新型地沟油(腐败动物内脏炼制)制售案件,查获新型地沟油成品、半成品及油渣3200余吨<sup>[2]</sup>。目前,国内地沟油制售问题较为严重,地沟油的餐桌化已成为国内最严重的食品安全问题之一,严重危害到整个社会。要减少或杜绝不法商贩制售地沟油,除了加强监管力度和提高违法成本外,还必须要建立一种快速鉴别地沟油的检测方法。因此,本文对近年来的地沟油鉴别研究进行综述,以供参考。

## 1 地沟油鉴别的国内外研究现状

### 1.1 国外研究现状

在美国、日本、德国、英国等国家,由于制定了一系列的法规和回收政策,使地沟油难以再次进入食用植物油市场,因此对地沟油的鉴别研究报道甚少,研究主要关注废油脂的综合利用<sup>[3-4]</sup>、低价植物油掺

收稿日期:2012-07-05 \* 通讯联系人

作者简介:孙通(1983-),男,博士,讲师,研究方向:农产品/食品品质与安全的无损检测。

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET090168);国家自然科学基金面上项目(30972052);江西农业大学科学研究基金(QN201105)。

伪高价植物油<sup>[5-6]</sup>及植物油种类鉴别<sup>[7-8]</sup>。

## 1.2 国内研究现状

由于国内的精炼地沟油(简称地沟油,后同)制售问题较为严重,因此对地沟油鉴别的报道相对较多。国内学者尝试采用各种指标对地沟油进行鉴别研究。目前,用于鉴别地沟油的指标主要有酸价、脂肪酸相对不饱和度、醛、酮类等挥发性成分、胆固醇与固体脂肪、氯化钠与十二烷基苯磺酸钠、重金属元素、电导率、三酰甘油聚合物、多环芳烃等。

**1.2.1 酸价** 地沟油由于发生腐败和氧化变质等会使酸价大幅升高。对于未经精炼处理的地沟油,其酸价远高于合格食用植物油。潘剑宇等<sup>[9]</sup>测定收集的煎炸老油、泔水油及合格食用植物油的理化指标,并与国家规定的食用油标准进行对比。研究发现煎炸老油和泔水油的酸价远高于食用油标准的最高允许值,认为酸价指标可以鉴别煎炸老油和泔水油。

目前,地沟油通常经过不同程度的精炼处理,酸价等常规指标接近或达到国家标准。因此,酸价指标已无法用于目前的地沟油鉴别。

**1.2.2 脂肪酸相对不饱和度** 食用植物油中存在大量的不饱和脂肪酸,地沟油在回收及加工提炼过程中部分不饱和脂肪酸被氧化,因此脂肪酸相对不饱和度(U/S)值降低,明显小于同类食用植物油。尹平河等<sup>[10]</sup>采用气相色谱-质谱联用方法对7种废弃油脂和5种合格食用油的脂肪酸成分进行分析。研究发现,废弃油脂的U/S值明显小于同类食用植物油,表明U/S值可以用于鉴别废弃油脂。

不同种类食用植物油的U/S值本身差异大,而地沟油来源成分复杂多变,往往由不同种类的废弃食用植物油混合提炼而成,因此地沟油的U/S值变化范围大。当地沟油掺入低U/S值的合格食用植物油时,难以根据U/S值鉴别地沟油掺假。因此,脂肪酸相对不饱和度不适于地沟油鉴别。

**1.2.3 醛、酮类等挥发性成分** 地沟油在回收、加工及提炼过程中由于高温加热、酸败等,会产生有毒有害的醛、酮类挥发性成分。全常春等<sup>[11]</sup>利用气质联用的静态顶空方法对地沟油(脱渣、过滤)的易挥发成分进行检测,研究发现地沟油中含有油脂氧化变质的二级产物—己醛。尹平河等<sup>[12]</sup>研究发现煎炸老油和泔水油的薄层色谱有明显的拖尾,而合格食用植物油则没有。拖尾成分为合格食用植物油所不含的醛、酮类化合物。黄军等<sup>[13]</sup>对泔水毛油、不同精炼程度的泔水油及合格食用植物油的极性成分进行对比分析。发现泔水毛油和部分精炼泔水油在薄层色谱上有明显拖尾现象,拖尾组分为合格食用植物油所不含的醛、酮类化合物。此外,随着精炼程度的提高,拖尾现象逐渐减弱。对于精炼泔水油4(脱胶、脱酸、脱色、脱臭),则未发现有拖尾现象。李红等<sup>[14]</sup>利用顶空固相微萃取与气质联用法对泔水油样品的挥发性成分进行检测,发现泔水油中含有茴香脑、丁香酚及二氢大茴香脑成分,而合格食用植物油则不含有此类成分。

对于醛、酮类等挥发性成分,随着地沟油精炼程

度的提高,绝大部分挥发性成分可被去除。因此,对于深度精炼的地沟油掺假检测,醛、酮类等挥发性成分指标检测精度不高。

**1.2.4 胆固醇与固体脂肪** 一般植物油中仅含有极其微量的胆固醇,而动物油脂的胆固醇含量较高。地沟油常由多种餐厨废弃油脂提炼加工而成,往往混有动物油脂。张蕊等<sup>[15]</sup>通过气相色谱法测定胆固醇含量来鉴别地沟油,当合格食用植物油中掺有10%(质量分数)以上的地沟油时可检出。王乐等<sup>[16]</sup>采用核磁共振法检测地沟油、泔水油及三种合格食用植物油的固体脂肪含量,通过固体脂肪含量鉴别地沟油、泔水油与合格食用植物油。结果表明,合格食用植物油中掺伪废弃油脂1%以上即可检出。郭涛等<sup>[17]</sup>利用高效液相色谱法测定地沟油中的胆固醇含量。当胆固醇的含量大于0.05mg/g时,能观察到胆固醇色谱峰。石朝晖等<sup>[18]</sup>通过气相色谱法寻找地沟油中动物脂肪的脂肪酸特征峰来判别地沟油,已初步确定地沟油中的动物脂肪的脂肪酸特征峰。陈红等<sup>[19-20]</sup>应用超高效液相色谱三重四极杆质谱法测定火锅油、泔水油及地沟油中的胆固醇含量,该方法灵敏度和准确度高,最小检出量为 $10^{-7}$ mg。此外,通过微波萃取技术进行皂化前处理,该方法与传统水浴方法相比具有简便、快捷、高效、低污染等优点,且胆固醇检测精度无显著差别。

胆固醇和固体脂肪含量可以被用于含有动物油脂的地沟油掺假鉴别中。但当地沟油掺假比例低时,需采用高精度方法检测胆固醇和固体脂肪含量。

**1.2.5 氯化钠与十二烷基苯磺酸钠** 餐厨废弃油脂常含有一定量的食盐和洗涤剂,因此由餐厨废弃油脂加工提炼而成的地沟油往往含有氯化钠和洗涤剂的主要成分十二烷基苯磺酸钠。刘薇等<sup>[21]</sup>利用荧光法测定泔水油中的十二烷基苯磺酸钠含量,并以此来鉴别泔水油。张寒俊等<sup>[22]</sup>以丁基罗丹明B为探针,利用同步荧光猝灭法建立荧光猝灭程度与十二烷基苯磺酸钠含量的关系。利用所建立的关系对经过简单处理的地沟油十二烷基苯磺酸钠含量进行快速测定,并以此鉴别地沟油,其检测限为 $0.152\mu\text{g/mL}$ 。王利等<sup>[23]</sup>采用萃取方法结合原子吸收分光光度法测定泔水油中的钠离子含量,合格食用植物油基本检测不出钠离子,而泔水油(炸麻花油和炸油条油)中均能检出。魏益华等<sup>[24]</sup>应用离子色谱法测定地沟油和合格食用植物油中的氯离子含量。结果发现地沟油中的氯离子含量远高于合格食用植物油。

对于地沟油,一般要经过脱水处理,大部分水溶性物质如氯化钠和十二烷基苯磺酸钠被去除。因此,氯化钠与十二烷基苯磺酸钠对精炼地沟油(脱水)的掺假鉴别精度不高。

**1.2.6 重金属元素** 地沟油由于回收及加工过程受到污染,或接触金属器皿后会引入重金属。王乐等<sup>[25]</sup>采用电感耦合等离子体质谱对地沟油、脱色地沟油及合格食用油的15种重金属元素进行测定,研究表明地沟油中的元素Fe、Cr、Zn、Mn含量明显超出食用油。

对于重金属元素指标,适用于受金属器皿严重污染的地沟油的掺假检测。但由猪内脏等加工提炼的劣质油中重金属元素与合格食用植物油接近,因此该方法不适于该类地沟油的掺假鉴别。

**1.2.7 电导率** 地沟油常含有一定的水溶性物质,而地沟油酸败过程也会产生一些小极性分子,使地沟油电导率远高于合格食用植物油。刘薇等<sup>[26]</sup>研究结果表明泔水油的水相电导率大多在 $100\mu\text{s}/\text{cm}$ 以上,最高为 $173.4\mu\text{s}/\text{cm}$ ,而合格食用植物油水相电导率在 $3.75\sim 10\mu\text{s}/\text{cm}$ 之间。胡小泓等<sup>[27-28]</sup>测定了泔水油和合格食用植物油的水相电导率,发现泔水油的水相电导率远高于合格食用植物。朱锐等<sup>[29]</sup>研究发现地沟油的水相平均电导率为 $100.7\mu\text{s}/\text{cm}$ ,是大豆色拉油10倍、菜籽油10倍、芝麻油11倍。此外,地沟油掺假量与电导率呈线性关系。吉礼等<sup>[30]</sup>研究确定了最佳电导率测定条件,并在最佳条件下测定泔水油和合格食用植物油的电导率,结果表明泔水油的电导率远大于合格食用植物油。徐冲等<sup>[31]</sup>研究了去离子水加入量、溶剂种类、搅拌温度、减半转速等条件对电导率测量结果的影响,并确定了较优的泔水油测定条件。在该条件下,合格食用植物油电导率均在 $10\mu\text{s}/\text{cm}$ 以下,泔水油的电导率较大,最大可达 $166.7\mu\text{s}/\text{cm}$ ,且合格食用植物油中泔水油的加入量和电导率之间具有良好的正相关。王飞艳等<sup>[32]</sup>研究探讨了水油比、温度、振荡时间对测定结果的影响,水油比对测定结果影响较大,其他测定条件对测定结果影响均不显著。在最佳的水油比(4:1)条件下,测定地沟油和合格食用植物油的电导率,并建立合格食用植物油与处理后地沟油掺假定量模型。赵元黎等<sup>[33]</sup>应用叉指电极式电容传感器对煎炸油介电常数的变化情况进行检测,并根据该原理设计了一种便携式煎炸油极性组分检测仪。实验结果表明,该检测仪的频率输出变化量与柱层析法测得的煎炸油极性组分变化量之间的相关性较好。此外,其他国内学者也利用电导率对地沟油进行类似的鉴别研究<sup>[34-38]</sup>。

地沟油电导率远大于合格食用植物油是由于地沟油中水溶性物质等造成的。对于地沟油,精炼过程中大部分水溶性物质被去除,电导率大大下降,因此地沟油掺假检测精度也将大大下降。

**1.2.8 三酰甘油聚合物** 三酰甘油聚合物为植物油主要成分三酰甘油在高温加热过程中经氧化再聚合而成。煎炸老油和泔水油作为二次油,在回收提炼过程中均经历高温加热等过程,因此食用植物油脂遭受到较高程度的氧化,导致三酰甘油聚合物含量显著高于合格食用植物油。据报道,上海市粮食科学研究所经过长期实验研究表明三酰甘油聚合物在地沟油精炼过程中只增不减,采用该鉴别指标对精炼煎炸老油与地沟油检测准确率几近100%<sup>[39]</sup>。目前,已经确认三酰甘油聚合物为地沟油的特征成分。

三酰甘油聚合物为植物油氧化聚合而成,地沟油氧化程度越高则三酰甘油聚合物含量高,因此可以用于氧化程度较高的地沟油(如煎炸老油)鉴别。

**1.2.9 多环芳烃** 多环芳烃是分子中含有两个以上

苯环的碳氢化合物,是重要的环境和食品污染物,为食用植物油在加热过程如炒、烤、炸、煎等中产生。据报道,北京市食品安全监控中心全面筛查地沟油可能涉及的80多个技术检测项目,初步筛选了鉴别地沟油的四类有效鉴别指标(多环芳烃、胆固醇、电导率、特定基因),多环芳烃为其中的一类有效鉴别指标<sup>[40]</sup>。

对于煎炸老油,由于经过多次高温加热,其多环芳烃浓度远高于合格食用植物油,因此多环芳烃可以适用于煎炸老油的鉴别。

**1.2.10 其他指标及多指标** 毛新武等<sup>[41]</sup>对废弃油脂和合格食用植物油的酸价、脂肪酸组分、氯化钠及谷氨酸钠等指标进行检测,并进行统计分析。结果表明酸价、羟基价、氯化钠及谷氨酸钠的检测结果有显著差异,可用酸价、羟基价作为废弃油脂的初筛指标,并结合氯化钠和谷氨酸钠指标对废弃油脂进行鉴别。黄军等<sup>[42]</sup>对泔水毛油进行不同程度的精炼,并对精炼泔水油的卫生指标进行检测。结果发现精炼泔水油(脱胶、脱酸、脱色、脱臭)样品黄曲霉毒素B1及苯并(a)芘含量仍超出国家规定的食用植物油卫生标准的5%和10%。靳智等<sup>[43]</sup>采用高效液相色谱法测定了地沟油中的5种生物胺含量,5种生物胺检出限为 $1.5\mu\text{g}/\text{g}$ 左右。杨冬燕等<sup>[44]</sup>以动物源性基因及大米物种特异性基因作为靶基因,采用聚合酶链式反应进行检测,可以有效区分泔水油与合格食用植物油。梁晶<sup>[45]</sup>采用近红外方法采集泔水油及合格食用植物油的光谱,利用三种方法(判别偏最小二乘、支持向量机、误差反向传输人工神经网络)建立地沟油判别模型,鉴别正确率为94.8%。

对于黄曲霉毒素B1、苯并(a)芘及生物胺等指标,均能对特定类别的地沟油鉴别起到一定的积极作用。

除了高校和科研机构积极寻找鉴别地沟油的有效指标外,国家相关部门也在组织专家全力攻关地沟油检测方法及论证方案。2011年9月,卫生部向全社会征集地沟油检测方法,并组织科技部、质检总局、工商总局、食品药品监督管理局、粮食局以及中国疾控中心等共同研究制定了地沟油检验方法论证方案,并组建了包括油脂加工、食品安全、化学分析、卫生检验等领域权威专家和相关机构在内的检验方法论证专家组,对相关研究机构研发的检验方法进行科学论证。

## 2 地沟油鉴别难点及解决方法分析

从上述国内研究现状分析可知,对于酸价和脂肪酸饱和度指标,不能适用于目前的地沟油鉴别;对于醛、酮类等挥发性成分、氯化钠与十二烷基苯磺酸钠和电导率指标,由于特征成分在地沟油精炼过程中被大部分去除,对地沟油的检测精度大大降低;而对于胆固醇与固体脂肪、重金属元素、三酰甘油聚合物、多环芳烃等指标,由于难以在地沟油精炼过程被去除,可以适用于某一类别或特定类别的地沟油鉴别。

但目前,国内外尚未建立起科学可行的地沟油

鉴别方法。究其原因,地沟油鉴别的难点主要有以下几方面:a.地沟油精炼技术使地沟油某些原有特征成分大幅减弱或消失。地沟油精炼过程(脱水、脱色、脱酸、脱臭等)可去除地沟油中的绝大部分水溶性物质如氯化钠与十二烷基苯磺酸钠以及醛、酮类等挥发性成分,增加地沟油鉴别难度。b.地沟油成分复杂多变。泔水油、煎炸老油、劣质油(由劣质猪肉等加工提炼)均属地沟油,且各类地沟油由不同来源与用途的废弃油脂提炼而成(如泔水油来源于酒楼、火锅店等,煎炸老油来源于煎炸面制品或肉制品的废弃油脂等),而实际的地沟油可能是其中一种或是几种的混合,因此地沟油成分非常复杂且多变,特征成分不易确定,导致单一指标难以鉴别地沟油。c.低比例的地沟油掺假合格食用植物油。实际生产制作中,地沟油往往按一定比例掺入合格食用植物油后出售,而非将地沟油直接出售。当地沟油掺假比例低时,掺有地沟油的食用植物油鉴别难度大。d.地沟油真实样本获取难。由于地沟油加工和交易的隐蔽性,研究人员难以获取真实的精炼地沟油样本,大多按照地沟油精炼步骤利用实验室的条件炼制地沟油样本并进行研究,样本量少且缺乏代表性,使得实验结果不具有广泛适用性。

针对上述指出的地沟油鉴别难点,拟提出以下几点解决方法:a.选择地沟油精炼技术无法去除的地沟油特征成分作为鉴别指标(如胆固醇与固体脂肪、重金属元素、三酰甘油聚合物、多环芳烃等)。b.多指标联合鉴别地沟油。地沟油成分复杂多变,单一指标仅在一定的范围内适用于特定类别的地沟油鉴别,不能对所有地沟油进行有效鉴别,因此多指标联合鉴别地沟油能极大提高地沟油鉴别准确率。c.寻找不同种类地沟油所共有的特征成分作为地沟油鉴别的指标,提高地沟油鉴别准确率。d.高精度的快速检测技术鉴别地沟油。为了满足低比例的地沟油掺假合格食用植物油的鉴别及监督部门现场执法的需要,高精度的快速检测技术如激光诱导荧光等光谱技术可尝试用于地沟油鉴别。e.政府部门的协助。科研单位需要大批量的真实地沟油样本,而政府部门如工商部门等拥有没收的大批量的标准地沟油样本。为了尽快研制出有效地沟油鉴别方法,科研单位与工商部门等进行科研协作能有效解决地沟油真实样本获取难的问题。

### 3 展望

国内地沟油制售问题较为严重,地沟油的餐桌化已成为国内最严重的食品安全问题之一,已严重危害人们的身体健康,造成恶劣的社会影响。对于地沟油的监管,除了国家的相关法律和法规禁止地沟油重新流入食用植物油市场外,还需要地沟油快速鉴别技术对食用植物油市场进行有效监督。但地沟油鉴别技术是一项技术难度高、工作量巨大的科研任务,需要政府和科研单位进行联合攻关。随着地沟油鉴别研究的深入,今后地沟油鉴别将往以下趋势发展:从鉴别指标角度,多指标联合鉴别地沟油以及寻找不同种类地沟油共有的特异成分将是地沟油鉴

别的发展趋势;从鉴别技术角度,高精度的快速检测技术如激光诱导荧光等光谱技术将是地沟油鉴别的发展趋势。

### 参考文献

- [1] 毛新武,刘敏,尹平河,等.国内泔水油鉴别检测技术的研究现状[J].广东化工,2009,36(9):54-55,99.
- [2] 舒心萍.打击食品犯罪警方需要专门机构[N].法制日报,2012-04-05(007).
- [3] Singhabhandhu A, Tezuka T. Prospective framework for collection and exploitation of waste cooking oil as feedstock for energy conversion[J]. Energy, 2010, 35(4): 1839-1847.
- [4] Refaat AA. Different techniques for the production of biodiesel from waste vegetable oil[J]. International Journal of Environmental Science and Technology, 2010, 7(1): 183-213.
- [5] Rohman A, Man YBC. The use of Fourier transform mid infrared (FT-MIR) spectroscopy for detection and quantification of adulteration in virgin coconut oil[J]. Food Chemistry, 2011, 129(2): 583-588.
- [6] Torrecilla JS, Garcíaj, Garcías, et al. Application of lag-k autocorrelation coefficient and the TGA signals approach to detecting and quantifying adulterations of extra virgin olive oil with inferior edible oils[J]. Analytica Chimica Acta, 2011, 688(2): 140-145.
- [7] De Luca M, Terouzi W, Ioele G, et al. Derivative FTIR spectroscopy for cluster analysis and classification of morocco olive oils[J]. Food Chemistry, 2011, 124(3): 1113-1118.
- [8] Saucedo-Hernandez Y, Lerma-Garcia MJ, Herrero-Martinez JM, et al. Classification of pumpkin seed oils according to their species and genetic variety by attenuated total reflection Fourier-transform infrared spectroscopy[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(8): 4125-4129.
- [9] 潘剑宇,尹平河,余汉豪,等.泔水油、煎炸老油与合格食用植物油的鉴别研究[J].食品科学,2003,24(8):27-29.
- [10] 尹平河,王桂华,赵玲,等. GC-MS法鉴别食用油和餐饮业中废弃油脂的研究[J].分析实验室,2004,23(4):8-11.
- [11] 全常春,尹平河,赵玲,等.精炼餐饮业地沟油挥发性危害成分的GC/MS静态顶空分析[J].食品科学,2004,25(4):128-134.
- [12] 尹平河,潘剑宇,赵玲,等.薄层色谱法快速鉴别泔水油和煎炸老油的研究[J].中国油脂,2004,29(4):47-49.
- [13] 黄军,熊华,熊小青,等.利用薄层色谱及柱色谱法对泔水油极性组分的研究[J].食品科学,2008,29(12):568-571.
- [14] 李红,屠大伟,李根容,等.顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术鉴别泔水油[J].分析实验室,2010,29(6):61-65.
- [15] 张蕊,祖丽亚,樊铁,等.测定胆固醇含量鉴别地沟油的研究[J].中国油脂,2006,31(5):65-67.
- [16] 王乐,黎勇,胡健华.核磁共振法鉴别食用植物油掺假餐饮业废油脂[J].中国油脂,2008,33(10):75-76.
- [17] 郭涛,杜蕾蕾,万辉,等.高效液相色谱法测胆固醇含量鉴别地沟油[J].食品科学,2009,30(22):286-289.
- [18] 石朝晖,吴庆洁,蔡江帆.“地沟油”气相色谱检测方法的初步研究[J].中国卫生检验杂志,2011,21(11):2620-2622.

- [19] 陈红, 杨梅, 朱蓉, 等. 超高效液相色谱三重四极杆质谱法测定火锅油、泔水油及地沟油中胆固醇含量[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(5): 429-432.
- [20] 张亿, 杨梅, 陈红, 等. 微波萃取技术在食用植物油与泔水油中胆固醇含量测定的应用[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(7): 1658-1660.
- [21] 刘薇, 尹平河, 赵玲. 荧光法测定十二烷基苯磺酸钠鉴别稍水油的研究[J]. 中国油脂, 2005, 35(5): 24-26.
- [22] 张寒俊, 汪海波, 唐宇. 同步荧光猝灭法测定地沟油中微量十二烷基苯磺酸钠[J]. 分析仪器, 2010, (6): 43-46.
- [23] 王利, 陈晓枫, 王静梅. 原子吸收光谱法在食品安全检测中的应用-测定钠盐鉴别泔水油[J]. 现代科学仪器, 2010, 8(4): 110-111, 114.
- [24] 魏益华, 张金艳, 戴廷灿, 等. 离子色谱法测定地沟油和食用油中氯离子含量[J]. 食品科学, 2011, 32(12): 213-215.
- [25] 王乐, 胡建华, 战锡林. 微波消解-电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)同时测定地沟油中微量元素[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(11): 1993-1995.
- [26] 刘薇, 尹平河, 赵玲, 等. 电导率法快速鉴别泔水油[J]. 城市环境与城市生态, 2004, 17(3): 4-6.
- [27] 刘志金, 郑雪玉, 潘红芝, 等. 泔水油与合格食用油鉴别方法的研究[J]. 武汉工业学院学报, 2006, 25(4): 9-11.
- [28] 胡小泓, 刘志金, 郑雪玉, 等. 应用电导率检测泔水油方法的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 482-484.
- [29] 朱锐, 王督, 杨小京, 等. 电导率测定在鉴别食用植物油掺伪应用研究[J]. 粮食与油脂, 2008(11): 42-43.
- [30] 吉礼, 车振明, 李明元. 电导率法快速甄别泔水油的研究[J]. 中国油脂, 2009, 34(3): 75-78.
- [31] 徐冲, 刘远洋. 电导率法鉴别食用油中泔水油实验条件的选择[J]. 农产品加工: 创新版, 2010(4): 39-42.
- [32] 王飞艳, 于修焯, 吕曼曼, 等. 基于电导率的地沟油快速定性定量分析[J]. 食品科学, 2011, 32(18): 304-307.
- [33] 赵元黎, 赵新壁, 周建涛. 便携式煎炸油极性组分快速检测仪的设计[J]. 食品工业科技, 2012, 33(02): 355-357.
- [34] 陈守江, 张庆勇. 浴水油的电导率与其品质关系探讨[J]. 安徽技术师范学院学报, 2004, 18(2): 31-33.
- [35] 彭进, 黄道平, 刘吉星, 等. 电导率的测定在鉴别泔水油中的应用研究[J]. 实用预防医学, 2007, 14(3): 878-879.
- [36] 胡宗智, 彭虎成, 赵小蓉, 等. 快速鉴别泔水油的实验研究[J]. 粮油加工, 2009(1): 53-55.
- [37] 黄伟, 郑建军, 徐建华. 地沟油的安全快速检测研究[J]. 山东科技大学学报, 2010, 29(3): 51-53.
- [38] 周智慧, 陈志华, 毛飞君, 等. 电导率法快速鉴别食用油品质. 中国油脂, 2011, 36(10): 64-67.
- [39] 吴颖. 沪初步建立地沟油两分钟筛查法[N]. 粮油市场报, 2011-10-21(002).
- [40] 李松. 北京地沟油检测指标体系初步建成[N]. 中国食品报, 2011-9-16(001).
- [41] 毛新武, 贾煦, 胡国媛, 等. 泔水油等废弃食用油脂检测指标的建立研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(2): 258-280.
- [42] 黄军, 熊华, 李亮, 等. 泔水油在精炼中卫生指标的检测与分析[J]. 中国油脂, 2008, 33(10): 70-74.
- [43] 靳智, 李明, 张焯涛, 等. 高效液相色谱法测定地沟油中5种生物胺[J]. 福建分析测试, 2010, 19(3): 10-14.
- [44] 杨冬燕, 杨小柯, 杨永存, 等. 泔水油聚合酶链式反应鉴定技术研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(3): 255-260.
- [45] 梁晶. 基于近红外光谱的泔水油快速鉴别方法研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011.

(上接第417页)

- [32] Kapoor U, Srivastava M K, Srivastava L P. Toxicological impact of technical imidacloprid on ovarian morphology, hormones and antioxidant enzymes in female rats[J]. Food and Chemical Toxicology, 2011, 49(12): 3086-3089.
- [33] Liu Y, Zhu M J, Xu J J, et al. Using a TEMPO-based fluorescent probe for monitoring oxidative stress in living cells[J]. Analyst, 2011, 136(20): 4316-4320.
- [34] Corongiu F P, Poli G, Dianzani M U, et al. Lipid peroxidation and molecular damage to polyunsaturated fatty acids in rat-liver-recognition of 2 classes of hydroperoxides formed under conditions in vivo[J]. Chemico-Biological Interactions, 1986, 59(2): 147-155.
- [35] Kandar R, Zakova P. Allantoin as a marker of oxidative stress in human erythrocytes[J]. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine, 2008, 46(9): 1270-1274.
- [36] Esterbauer H. Estimation of peroxidative damage. A critical review[J]. Pathologie-biologie, 1996, 44(1): 25-28.
- [37] Niki E. Lipid peroxidation products as oxidative stress biomarkers[J]. Biofactors, 2008, 34(2): 171-180.
- [38] Catala A. An overview of lipid peroxidation with emphasis in outer segments of photoreceptors and the chemiluminescence assay[J]. International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 2006, 38(9): 1482-1495.
- [39] Go Y M, Halvey P J, Hansen J M, et al. Reactive aldehyde modification of thioredoxin-1 activates early steps of inflammation and cell adhesion[J]. American Journal of Pathology, 2007, 171(5): 1670-1681.
- [40] Beal M F. Oxidatively modified proteins in aging and disease[J]. Free Radical Biology And Medicine, 2002, 32(9): 797-803.
- [41] Chawla S P, Chander R, Sharma A. Antioxidant properties of Maillard reaction products obtained by gamma-irradiation of whey proteins[J]. Food Chemistry, 2009, 116(1): 122-128.
- [42] Zhou J L, Cao X Q, Cai B L, et al. Indirect antioxidant protection against photooxidative processes initiated in retinal pigment epithelial cells by a lipofuscin pigment[J]. Rejuvenation Research, 2006, 9(2): 256-263.
- [43] Dizdaroglu M, Jaruga P, Birincioglu M, et al. Free radical-induced damage to DNA: Mechanisms and measurement[J]. Free Radical Biology and Medicine, 2002, 32(11): 1102-1115.
- [44] Frei B. Efficacy of dietary antioxidants to prevent oxidative damage and inhibit chronic disease[J]. Journal of Nutrition, 2004, 134(11): S3196- S3198.