

基于棕榈油酸和异丁烯醛双指标 鉴别地沟油的方法

李 涛¹, 朱小红¹, 盛喜霞², 刘海静¹, 杨智海^{1,*}

(1.陕西省食品药品检验所, 陕西 西安 710061; 2.兵器工业卫生研究所, 陕西 西安 710065)

摘 要: 寻找地沟油中的特异性指标, 根据其量值高低识别食用油和地沟油。实验采取两种路径: 一是样品经皂化、甲酯化后分析脂肪酸类成分; 二是直接采用顶空进样富集样品中的挥发性成分, 然后采用气相色谱-质谱法分析各化学成分的量值规律。研究发现, 棕榈油酸与异丁烯醛在地沟油中特异性较强。在所测定样本中, 以棕榈油酸单独鉴别时, 总体检出正确率为54.1%, 阳性样本检出正确率为100.0%、漏检率为60.7%, 阴性样本检出正确率为100.0%; 以异丁烯醛单独鉴别时, 总体检出正确率为78.4%, 阳性样本检出正确率为100.0%、漏检率为28.6%, 阴性样本检出正确率100%。二者协同鉴别, 总体检出正确率为86.5%, 阳性样本检出正确率为100.0%、漏检率为17.9%, 阴性样本检出正确率100.0%。棕榈油酸和异丁烯醛作为鉴别地沟油的特异性指标, 两项检测结果能够相互印证、综合判断, 可较为准确地分辨地沟油和食用油。

关键词: 地沟油; 食用油; 棕榈油酸; 异丁烯醛; 气相色谱-质谱法

Identification of Drainage Oil Based on Palmitoleic Acid and Methacrolein

LI Tao¹, ZHU Xiao-hong¹, SHENG Xi-xia², LIU Hai-jing¹, YANG Zhi-hai^{1,*}

(1. Shaanxi Institute for Food And Drug Control, Xi'an 710061, China;

2. Institute of Industrial Hygiene of Ordnance Industry, Xi'an 710065, China)

Abstract: This study was conducted to find out specific indicators for discriminating drainage oil from edible oil. For this purpose, tow approaches were proposed: one was analysis of fatty acid composition following sample saponification, and the other was methyl esterification and direct enrichment by headspace sampling method and GC-MS analysis of volatile components in samples. Results revealed that palmitoleic acid and methacrolein showed strong specificity in drainage oil. In the studied samples, using palmitoleic acid alone for identification, the overall correct detection rate was 54.1%, the correct detection rate of positive samples was 100%, the false negative rate was 60.7%, and the correct detection rate of negative samples was 100%. When using methacrolein along, the overall correct detection rate was 78.4%, the correct detection rate of positive samples was 100% and the false negative rate was 28.6%, and the correct detection rate of negative samples was 100%. However, when combining palmitoleic acid and methacrolein together, the overall correct detection rate was 86.5%, the correct detection rate of positive samples was 100%, the false negative rate was 17.9% and the correct detection rate of negative samples was 100%. Therefore, the combined application of palmitoleic acid and methacrolein were proposed as specific indicators in differentiating drainage oil. The two-way methods could be mutual validated, of overall judgment, and identify the drainage oil and the edible oil more accurately.

Key words: drainage oil; edible oil; palmitoleic acid; methacrolein; gas chromatography-mass spectrometry

中图分类号: TS227

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)08-0199-05

近年来, 地沟油的检测主要通过检测物理和化学特征来进行, 例如: 碘值^[1], 电导率和折光率测定法^[2-3], 胆固醇含量^[4-5], 十二烷基苯磺酸钠含量^[6-7], 反式脂肪酸含量^[8], 紫外、红外和近红外光谱^[9], 钠元素含量^[10], 氯

离子含量^[11-12], 气相色谱法测定脂肪酸组成^[13-14], 气相色谱-质谱法测定己醛等挥发性有害成分^[15], 脂肪酸不饱和度测定^[16], 谷氨酸钠的测定^[17]等。此外, 食用油谱图模型建立^[18]以及检测油脂中三酰甘油及其氧化产物的变

收稿日期: 2012-11-28

基金项目: 陕西省科学技术研究发展计划项目(2011K17-05-04); 陕西省食品药品检验所青苗基金项目(SQM-201005)

作者简介: 李涛(1978—), 男, 副主任药师, 学士, 研究方向为食品及保健食品检验。E-mail: westyx@126.com

*通信作者: 杨智海(1956—), 男, 研究员, 学士, 研究方向为食品药品安全。E-mail: yangzhilai876@163.com

化^[19]等也可用于地沟油的检测。上述检测方法各有优缺点,可靠性、准确性以及灵敏度各有不同。由于地沟油的来源极其复杂,“精炼工艺”各异,仅靠单一指标很难准确鉴别地沟油,2011年10月卫生部地沟油检验方法专家研讨会建议地沟油鉴别方法应以单指标和多指标体系相结合的方式判定,以单指标筛选,多指标结合仲裁的方式进行;以内源性指标为主,外源性指标为辅的方式确定指标体系。

本实验组于2010年始,多方搜集不同来源的地沟油,从油脂烹调加工储运过程中受外源性动物油脂的污染及烹调过程油脂的变化等方面开展研究,采用气相色谱-质谱联用(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)技术寻找鉴别地沟油的特异性指标,发现普通食用油中棕榈油酸质量分数和异丁烯醛质量浓度均较低,而大多数地沟油中二项指标都较未加工的食用油高。实验研究表明,棕榈油酸为外源性指标,异丁烯醛为内源性指标,二者结合测定,可以作为区别地沟油和食用油的方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

花生油、菜籽油、大豆油、棕榈油、葵花籽油、玉米油及调和油等各品牌食用油均购自大型超市或中国疾病预防控制中心营养与食品安全所提供(2011年9月至2012年2月卫生部双盲考核样本);地沟油部分样本采集自西安市友邦环科技开发有限公司(政府指定废弃油脂回收单位),其他地沟油样本由中国疾病预防控制中心营养与食品安全所提供(2011年9月至2012年2月卫生部双盲考核样本)。

棕榈油酸甲酯对照品 日本东京化成工业株式会社;异丁烯醛(2-甲基丙烯醛)标准品 美国Alfa Aesar公司;甲醇、异辛烷(色谱纯) 德国Meker公司;氯化钠、无水硫酸钠、氢氧化钠(分析纯) 国药集团化学试剂有限公司;三氟化硼甲醇溶液(质量分数10%) 美国Sigma公司。

1.2 仪器与设备

GCMS-QP2010气相色谱-质谱联用仪、AOC-5000型顶空进样器 日本岛津公司;BP211D型电子分析天平 德国赛多利斯公司;NIST 05和NIST 05s标准质谱库。

1.3 脂肪酸类成分分析方法

1.3.1 供试品溶液的制备

参照GB/T 17376—2008《动植物油脂:脂肪酸甲酯制备》^[20]。称取200mg试样,将试样置于50mL烧瓶中,加入0.5mol/L氢氧化钠甲醇溶液4mL,水浴回流10min,再加入5mL三氟化硼甲醇溶液,继续回流3min,精密加入3mL异辛烷,再加入20mL饱和氯化钠溶液振摇至少15s,继续加入饱和氯化钠溶液至烧瓶颈部,静置分层,精密

吸取上层异辛烷溶液1mL,通过适量无水硫酸钠,转移至25mL量瓶中,加异辛烷至刻度,摇匀,作为供试品溶液。

1.3.2 对照品溶液的制备

称取棕榈油酸甲酯对照品适量,加异辛烷配制成每1mL含约50μg的溶液,作为对照品溶液。

1.3.3 测试条件

色谱柱: HP-5ms毛细管色谱柱(30m×0.25mm, 0.25μm);升温程序: 初始温度140℃,保持3min,以3℃/min升温至220℃,保持15min;载气(He)流速0.77mL/min,分流比(10:1~25:1,可根据峰响应大小适度调节);进样口温度250℃。电子电离源(election ionization, EI),电子轰击能量为70eV;离子源温度为230℃;接口温度280℃;质量分析器为四极杆,scan模式,质量扫描范围: m/z 30~500;溶剂切除时间: 2.5min;进样量: 1μL。

1.4 挥发性成分分析方法

1.4.1 供试品溶液的制备

精密吸取试样2mL(凝固样品温热融化后取样),置于20mL顶空瓶中,密封,作为试样。

1.4.2 标准曲线溶液的制备

精密称取异丁烯醛标准品,加无水乙醇制成每1mL含0.2mg的溶液,摇匀,作为标准储备液。分别精密吸取标准储备液0.2、0.5、1、2、3、5、10mL,置于100mL容量瓶中,加无水乙醇稀释至刻度,摇匀,备用,作为标准中间溶液。分别精密吸取不含或少含异丁烯醛的食用油样品2mL,置于20mL顶空瓶中;精密吸取上述标准中间溶液各50μL,注入顶空瓶中,密封,摇匀,制成标准曲线溶液。

1.4.3 测试条件

色谱柱: VF-WAX ms毛细管色谱柱(30m×0.25mm, 0.5μm);升温程序: 初始温度35℃,保持5min,以30℃/min升温至220℃,保持5min;载气(He)流速1.24mL/min,分流比: 10:1;进样口温度150℃。电子电离(electron ionization, EI)源,电子轰击能量为70eV;离子源温度为200℃;接口温度220℃;质量分析器为四极杆,scan模式定性,质量扫描范围: m/z 25~100;特征选择离子监测(selected ion monitormg, SIM)模式定量,定量离子: m/z 70,辅助定性离子: m/z 41、39。顶空瓶平衡温度: 150℃,平衡时间: 20min;进样针温度120℃,振荡速度: 500r/min;进样量: 200μL。

2 结果与分析

2.1 特异性指标的选择

2.1.1 棕榈油酸

取1.1节油脂样本,按照1.3节方法处理和测定,经标准质谱库NIST 05、NIST 05s数据检索并和对照品比对,按2.2节公式计算,发现大部分地沟油中棕榈油酸占脂肪

酸总量的质量分数显著高于普通食用油,个别小份额植物油如橄榄油、芝麻油等食用油中棕榈油酸质量分数略高于其他大宗植物油及其调和油。故可将棕榈油酸作为鉴别地沟油特异性指标之一。棕榈油酸甲酯质谱相关信息见表1,图1、2。

表1 棕榈油酸甲酯的检索结构

Table 1 The retrieval structure of palmitoleic acid methyl ester

峰号	成分	分子式	相对分子质量	CAS编号	保留时间/min	特征离子	相似度/%
1	棕榈油酸甲酯	C ₁₇ H ₃₂ O ₂	268	1120-25-8	21.3	41, 55, 69, 83, 96, 110, 123, 138, 152, 194, 236	90

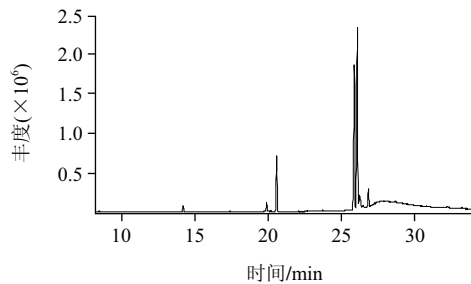


图1 地沟油中脂肪酸测定的总离子流图

Fig.1 The total ion chromatogram of fatty acid composition in the waste oil

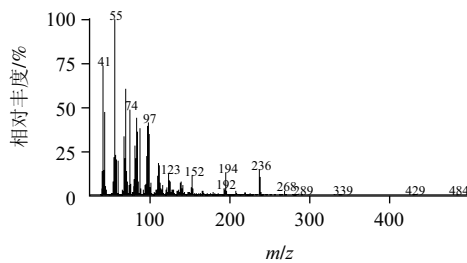


图2 棕榈油酸甲酯质谱图

Fig.2 The mass spectra of palmitoleic acid methyl ester

2.1.2 异丁烯醛

表2 食用油中异丁烯醛的检索结构

Table 2 The retrieval structure of methacrolein in edible oil

峰号	成分	分子式	相对分子质量	CAS编号	保留时间/min	特征离子	相似度/%
1	异丁烯醛	C ₄ H ₆ O	70.09	78-85-3	4.27	70, 41, 39	90

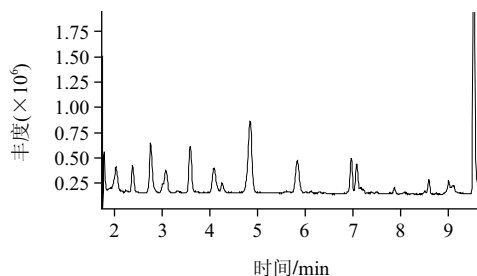


图3 地沟油中挥发性成分测定的总离子流图

Fig.3 The total ion chromatogram of volatile composition in the waste oil

取1.1节的油脂样本,按照1.4节方法处理和测定,经标准质谱库NIST 05、NIST 05s数据检索和对照品比对,并经SIM模式定量分析,发现部分地沟油中异丁烯醛质量浓度显著高于食用油,而食用油中异丁烯醛质量浓度均处于一定水平之下。故可将异丁烯醛作为地沟油鉴别特征性指标之一。异丁烯醛质谱相关信息见表2、图3~5。

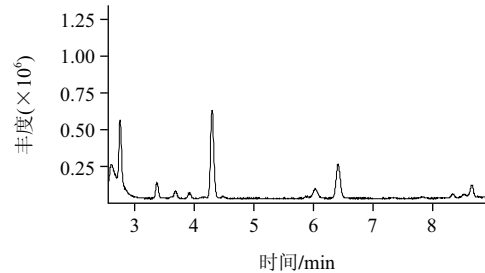


图4 地沟油样品中异丁烯醛质量浓度测定图

Fig.4 The chromatogram of methacrolein in the waste oil

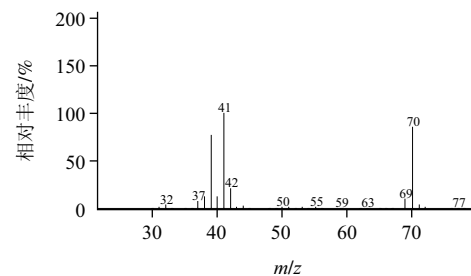


图5 异丁烯醛质谱图

Fig.5 The mass spectra of methacrolein

2.2 测定及计算

2.2.1 棕榈油酸

根据1.3节方法进样测定后,采用峰面积归一化法计算棕榈油酸占油脂中脂肪酸总量的质量分数。按下式计算试样中棕榈油酸的质量分数。

$$X/\% = \frac{A_x}{A} \times 100$$

式中: X 为试样中棕榈油酸占脂肪酸总量的质量分数/%; A_x 为供试品色谱图中棕榈油酸甲酯的峰面积; A 为供试品色谱图中除溶剂峰外的所有脂肪酸甲酯峰面积之和。

2.2.2 异丁烯醛

根据1.4节方法进样测定后,采用标准曲线法进行定量。

2.3 样品测定结果

取1.1节油脂样本,按照1.3节和1.4节方法测定棕榈油酸质量分数和异丁烯醛质量浓度。结果见表3(研究中采用油脂样本较多,表3主要为卫生部双盲考核样本的检测结果)。

表3 棕榈油酸和异丁烯醛综合鉴别结果
Table 3 Comprehensive identification of waste oil based on palmitoleic acid and methacrolein

油脂种类或勾兑比例	样品 编号	异丁烯醛 质量浓度/ (mg/L)	异丁烯醛 鉴别结果	棕榈油 酸质量 分数/%	棕榈油酸 鉴别结果	综合鉴别 结果	综合鉴别 结果是否 正确
重庆混合地沟油5	1	0.19	阳	1.14	阳	阳	正确
辽宁地沟油10	2	0.15	阳	0.07	阴	阳	正确
吉林长春大豆地沟油9	3	0.18	阳	0.08	阴	阳	正确
深圳宝安混合地沟油6	4	0.12	阳	0.16	阳	阳	正确
深圳博罗混合地沟油7	5	0.40	阳	0.17	阳	阳	正确
广州混合地沟油8	6	0.35	阳	0.12	阴	阳	正确
新疆地沟油11	7	0.36	阳	0.08	阴	阳	正确
深圳宝安混合地沟油6(第1次)	8	0.15	阳	0.16	阳	阳	正确
深圳博罗混合地沟油7(第1次)	9	0.21	阳	0.14	阴	阳	正确
广州地沟油2+混油(50%)	10	0.33	阳	0.09	阴	阳	正确
重庆地沟油1+调和油(50%)	11	0.10	阳	0.48	阳	阳	正确
泰鑫地沟油3+混油(50%)	12	0.15	阳	0.07	阴	阳	正确
重庆地沟油1+混油(50%)	13	0.08	阴	0.45	阳	阳	正确
泰鑫地沟油3+混油(50%)	14	0.19	阳	0.07	阴	阳	正确
千门地沟油4+混油(50%)	15	0.23	阳	0.12	阴	阳	正确
千门地沟油4+混油(20%)	16	0.19	阳	0.10	阴	阳	正确
重庆地沟油1+调和油(20%)	17	0.07	阴	0.23	阳	阳	正确
广州地沟油2+混油(20%)	18	0.11	阳	0.10	阴	阳	正确
泰鑫地沟油3+调和油(20%)	19	0.09	阴	0.08	阴	阴	错误
重庆地沟油1+调和油(10%)	20	0.06	阴	0.17	阳	阳	正确
广州地沟油2+混油(10%)	21	0.12	阳	0.06	阴	阳	正确
泰鑫地沟油3+混油(10%)	22	0.06	阴	0.07	阴	阴	错误
泰鑫地沟油3+调和油(10%)	23	0.05	阴	0.07	阴	阴	错误
重庆地沟油1+混油(10%)	24	0.04	阴	0.13	阴	阴	错误
千门地沟油4+混油(10%)	25	0.04	阴	0.07	阴	阴	错误
KFC棕榈油一滤	26	0.17	阳	0.40	阳	阳	正确
KFC棕榈油二滤	27	0.15	阳	0.40	阳	阳	正确
KFC棕榈油一滤炸	28	0.14	阳	0.35	阳	阳	正确
调和油+花生油+大豆油	29	0.03	阴	0.07	阴	阴	正确
KFC纯棕榈油	30	0.02	阴	0.14	阴	阴	正确
玉米油	31	0.04	阴	0.07	阴	阴	正确
花生油	32	0.05	阴	0.06	阴	阴	正确
大豆油	33	0.05	阴	0.08	阴	阴	正确
调和油	34	0.03	阴	0.08	阴	阴	正确
玉米油+大豆油+花生油+调和油	35	0.03	阴	0.07	阴	阴	正确
玉米油+调和油	36	0.05	阴	0.07	阴	阴	正确
花生油+调和油	37	0.05	阴	0.05	阴	阴	正确

注：油脂种类的百分比系指油脂中地沟油所占的配比，其余配比为食用油；“阴”指鉴别结果为“非地沟油”，“阳”指鉴别结果为地沟油或含有地沟油。

3 讨论

3.1 棕榈油酸

3.1.1 实验原理

棕榈油酸，英文名：*cis*-9-hexadecenoic acid或 *palmitoleic acid*。是一种单不饱和脂肪酸，也称棕榈一烯酸、(Z)-9-十六碳烯酸，可以缩写为16:1Δ9。推断地沟油中棕榈油酸质量分数较高的原因可能主要由于餐饮加工的特点，地沟油中混有海产油、动物油(猪、牛、羊

等)等棕榈油酸含量较高的油脂，而大豆油、芝麻油、葵花籽油、玉米油、花生油等常见食用油中棕榈油酸含量均很低或不含有，棕榈油酸作为地沟油中的一种外源性指标，其质量分数显著高于普通食用油。该鉴别方法主要是利用测定棕榈油酸占脂肪酸总量的质量分数，来确定其是否为地沟油，实际检测中，试样经皂化、甲酯化后，采用GC-MS法测定，用峰面积归一化法定量后以鉴别是否为地沟油。

3.1.2 鉴别依据

经100余批样品实验结果验证，普通食用油中棕榈油酸质量分数为0%~0.14%。研究结果显示未经烹饪加工的棕榈油中棕榈油酸质量分数较普通食用油略高，但一般最高不超过0.14%，混合为调和油后则会更低，因此本方法也适用于棕榈油及其调和油。少数小宗植物油如橄榄油、黑芝麻香油中棕榈油酸质量分数较高，但此类油脂不作为大宗油脂使用，不在该方法涉及范围。普通地沟油中棕榈油酸质量分数较高，最高可达2.02%，勾兑地沟油则会有不同程度降低，但混有较高比例地沟油的油脂多数都会高于0.14%。为了尽量避免假阳性的出现，设定棕榈油酸在油脂中占脂肪酸总量的质量分数大于0.15%时，则为阳性样本，棕榈油酸在油脂中占脂肪酸总量的质量分数小于或等于0.15%时，则为阴性样本。该方法适用于常见大豆油、菜籽、油葵花籽油、玉米油、花生油等大宗植物油以及常见食用调和油，不适用于部分小份额植物油如橄榄油、芝麻油等。

3.2 异丁烯醛

3.2.1 实验原理

异丁烯醛，别名：2-甲基丙烯醛，英文名：*methacrolein*；2-methyl propenal。地沟油中异丁烯醛质量浓度高的原因暂不十分明确，初步研究推测其主要为油脂在高温烹调时产生的醛类物质，是一种内源性指标。该鉴别方法主要是利用测定异丁烯醛在油脂中的质量浓度，来确定其是否为地沟油，实际检测中，试样采用顶空气相色谱-质谱联用法测定，用异丁烯醛对照品采用标准曲线法进行定量后以鉴别是否为地沟油。

3.2.2 鉴别依据

经100批样品实验结果验证，普通食用油中异丁烯醛在油脂中质量浓度均小于0.06mg/L，地沟油中异丁烯醛质量浓度均大于0.12mg/L，勾兑地沟油则会有不同程度降低，但大部分会高于0.09mg/L。故设定异丁烯醛在油脂中质量浓度大于0.09mg/L时，则为阳性样本，异丁烯醛在油脂中质量浓度小于或等于0.09mg/L时，则为阴性样本。该方法适用于各种植物油、食用调和油、煎炸老油等。

3.3 结果鉴别

以棕榈油酸和异丁烯醛协同检测，一项或两项指

标超标,即可鉴别为阳性样本,两项均不超标,则为阴性样本。表3结果表明,在所测定样本中,以棕榈油酸单独鉴别时,总体检出正确率为54.1%,阳性样本检出正确率为100.0%、漏检率为60.7%,阴性样本检出正确率为100.0%;以异丁烯醛单独鉴别时,总体检出正确率为78.4%,阳性样本检出正确率为100.0%、漏检率为28.6%,阴性样本检出正确率100%。二者协同鉴别,总体检出正确率为86.5%,阳性样本检出正确率为100.0%、漏检率为17.9%,阴性样本检出正确率100.0%。协同鉴别时,方法主要对掺入少量地沟油的阳性样本检出正确率较低,但检出的阳性样本无假阳性出现(即不会将正常食用油误判为地沟油),同时对阴性样本检出正确率高。漏检的4个地沟油样本,均为地沟油掺杂比例在10%的样品。可见,本方法对大多数不同种类及来源的地沟油都有一定的鉴别能力。此外,对大部分同一来源的掺杂了不同比例的地沟油样品,如11#、17#、20#中地沟油掺杂比例分别为50%、20%和10%,异丁烯醛和棕榈油酸的测定结果具有一定的趋势性,掺杂的比例越大,测定值越高,因此,本方法在一定程度上也可以反映出地沟油的掺杂比例梯度变化。

4 结 论

该法快速、准确,灵敏度高,专属性较强,通过测定棕榈油酸和异丁烯醛,内源性指标和外源性指标相结合,结果互相印证,综合判断,在一定程度上可分辨地沟油和食用油。据此建立了一种鉴别地沟油的新方法,该方法不但可用于纯地沟油的鉴别,还可用于掺杂油脂(即在食用油中掺有一定量的地沟油)的检测。

参考文献:

- [1] 张璇,余汉豪,单习章,等.餐饮业废油脂有害成分及特征指标研究[J].广州环境科学,2004,19(4):29-31.
- [2] 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.
- [3] 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:自然科学版,2010,29(3):51-53.
- [4] 陈初良,张惠琴,甘云娟,等.食用植物油掺入动物油脂鉴别方法的研究[J].粮油食品科技,2009,17(3):41-42.
- [5] 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、潜水电及地沟油中胆固醇含量[J].中国食品卫生杂志,2011,23(5):429-432.
- [6] 刘薇,尹平河,赵玲.荧光法测定十二烷基苯磺酸钠鉴别潜水电的研究[J].中国油脂,2005,30(5):24-26.
- [7] 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.
- [8] 倪昕路,韩丽,王传现,等.傅立叶变换红外光谱法分析食品及油脂中反式脂肪酸[J].中国卫生检验杂志,2008,18(2):248-250.
- [9] 张菊华,朱向荣,尚雪波,等.近红外光谱、中红外光谱、拉曼光谱无损检测技术在食用油脂分析中的研究进展[J].食品工业科技,2010,31(10):1421-1425.
- [10] 邓华.关于地沟油鉴别方法的研究-基于原子吸收光谱法(AAS)[J].生物科技现代农业,2012(1下):77-78.
- [11] 张咏,李莹,蔡春明.离子色谱法鉴别地沟油的应用研究[J].中国粮油学报,2012,27(1):107-109.
- [12] 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的氯离子[J].食品科学,2011,32(12):213-215.
- [13] 石朝晖,吴庆洁,蔡江帆,等.“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(1):2620-2622.
- [14] 许秀丽,李娜,任荷玲,等.气相色谱分析脂肪酸组成鉴别地沟油的方法研究[J].分析化学,2012,2(2):6-15.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 毛新武,贾煦,胡国媛,等.潜水电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):258-260.
- [18] 李娟,范璐,毕艳兰,等.红外、近红外光谱-簇类的独立软模式方法识别植物调和油脂[J].分析化学,2010,38(4):475-482.
- [19] 曹文明,薛斌,王文高,等.高效体积排阻色谱测定油脂中氧化甘油三酯聚合物[J].中国油脂,2011,36(10):57-59.
- [20] 国家粮食储备局西安油脂科学设计研究院.GB/T 17376—2008 动植物油脂:脂肪酸甲酯制备[S].北京:中国标准出版社,2008.