

山茶籽油真实属性鉴别方法研究进展

孙延勤¹, 李春保¹, 沈娟¹, 陈颖², 王玮^{1*}

(1. 南京农业大学食品科技学院/国家肉品质量安全控制工程技术研究中心/农业农村部肉及肉制品质量监督检验测试中心(南京), 南京 210095; 2. 中国检验检疫科学研究院, 北京 100176)

摘要: 山茶籽油作为纯天然高级食用植物油, 富含油酸、亚油酸等功能性成分, 具有抗衰老、提高免疫力、预防肥胖等作用。近年山茶籽油因其极高的营养价值, 备受人们关注。然而, 一些不法商贩为了谋取利益, 在山茶籽油中掺入低价食用油欺骗消费者, 扰乱市场秩序。因此, 为了保障消费者的合法权益和山茶籽油的良性发展, 研究者必须采用相应的检测方法鉴别其真实属性。本文简要介绍了各类检测方法在鉴别山茶籽油真实属性中的应用现状, 如理化分析法、光谱法、色谱法、电子鼻技术等, 并依据当前鉴别方法存在的缺陷, 对未来分析山茶籽油真实属性的研究趋势进行展望, 为食用植物油的掺杂掺假检测提供理论参考。

关键词: 山茶籽油; 真实属性; 掺假; 鉴别

Research progress on identification methods of real properties of camellia seed oil

SUN Yan-Qin¹, LI Chun-Bao¹, SHEN Juan¹, CHEN Ying², WANG Wei^{1*}

(1. College of Food Science and Technology/National Center of Meat Quality and Safety Control/Supervision, Inspection and Testing Center for Quality of Meat-products (Nanjing), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China)

ABSTRACT: Camellia seed oil as a kind of pure natural high-grade edible vegetable oil, rich in oleic acid, linoleic acid and other functional components, with the functions of anti-aging, improving immunity, preventing obesity and so on. In recent years, camellia seed oil has attracted much attention because of its high nutritional value. However, some illegal traders mixed camellia seed oil with low price cooking oil to cheat consumers and disturb the market order in order to seek profits. Therefore, in order to protect the legitimate rights and interests of consumers and the benign development of camellia seed oil, researchers must adopt the corresponding detection methods to identify its true properties. This paper briefly introduced the application status of various detection methods in identifying the real properties of camellia seed oil, such as physicochemical analysis, spectrometric method, chromatographic method, electronic nose technology, etc. And based on the defects of the current identification methods, this article prospected the research trend of analyzing the real properties of camellia seed oil in the future, which aimed to provide theoretical reference for the detection of adulteration of edible vegetable oil.

KEY WORDS: camellia seed oil; real properties; adulteration; identification

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1602804)

Fund: Supported by the National Key Research and Development Program of China (2018YFC1602804)

*通讯作者: 王玮, 副教授, 主要研究方向为食品质量安全控制。E-mail: wangwei821220@njau.edu.cn

*Corresponding author: WANG Wei, Associate Professor, College of Food Science and Technology, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China. E-mail: wangwei821220@njau.edu.cn

1 引言

山茶籽油(camellia seed oil), 是从油茶籽中提取的高级食用植物油, 又称山茶油、野山茶油、油茶籽油。山茶籽油中不饱和脂肪酸含量高于 90%, 富含人体所需的多种功能性营养成分, 被称为“东方橄榄油”^[1-4]。山茶籽油具有抗衰老、抗氧化、提高免疫力等功能, 可预防肥胖、心血管疾病和皮肤性疾病等^[5-11]。我国作为山茶籽油的原产地, 具有独特且丰富的植物资源。据统计, 我国山茶籽油的年产量约为 40000 吨, 占全国食用油总产量的 20%^[12]。我国是食用油消费大国, 随着人民生活水平提高, 山茶籽油作为高端食用油日益受到人们关注。然而, 随着山茶籽油价格和消费量的日趋上升, 一些不法商贩向其中掺入低价植物油, 在不影响其风味的条件下获取高额利润。目前, 掺假植物油采用常规分析方法难以被鉴别, 有些油类严重危害人体健康。因此, 为了山茶籽油的良性发展和消费者的健康, 对其真实属性鉴别开展研究具有重要意义。

目前, 国内外学者主要依据山茶籽油的特征属性, 如特殊化学成分、脂肪酸组成差异等, 采用相应的检测技术对其真实属性进行定性定量的分析与鉴别。本文主要介绍了山茶籽油的真实属性鉴别方法, 包括理化分析法、光谱法、色谱法、电子鼻技术等, 为进一步开发新的食用植物油掺伪鉴别技术提供理论参考, 为我国油脂市场安全监督提供相应的技术支持。

2 真实属性鉴别方法

2.1 理化分析法(physicochemical analysis)

理化分析法是根据不同植物油理化性质的差异, 对食用植物油的真实属性进行快速定性鉴别。GB/T 11765-2018《油茶籽油》中规定了不同级别山茶籽油的酸价、过氧化值、不溶性杂质含量等理化指标及其检验方法^[13]。詹晓靓^[14]发现山茶籽油的碘值可作为其掺伪鉴别的依据, 在山茶籽油中掺入 5%大豆油和 10%玉米油时, 碘值存在明显差异。郑艳艳等^[15]在山茶籽油中掺入不同比例的菜籽油、大豆油、米糠油、玉米油和棕榈油, 对混合油样的折光率、碘值、酸价、色泽以及皂化值等理化指标进行分析。研究表明, 该方法可有效鉴别山茶籽油中的掺伪情况, 准确率高达 97%。杨潇等^[16]检测精炼与初榨山茶籽油、橄榄油等水分含量、酸值、磷脂含量等理化指标, 通过数据差异区分精炼山茶籽油与其他食用油, 使消费者能认识精炼山茶籽油的食用营养价值。理化分析法简便快捷, 适用于少量样品的检测。但该方法重复性差, 对检测人员的敏感判断要求较高, 具有一定的局限性^[17]。

2.2 光谱法

2.2.1 红外光谱法(infrared spectroscopy, IR)

IR 法是根据吸收光谱反映的分子振动倍频和合频振动信息, 判断不同分子基团之间的差异, 从而完成物质结构的分析。该方法具有快速、高效、对分子变化敏感、环境友好等特点, 现常被广泛应用于油脂检测。孙通等^[18]基于 IR 法和子窗口重排分析方法, 对山茶籽油中掺入大豆油、菜籽油、花生油的混合油样进行检测分析, 并建立偏最小二乘-线性判别分析模型。研究表明, 该方法灵敏度较高, 可准确判断样品是否为纯正山茶籽油, 错误率为 0。韩建勋等^[19]采用傅里叶变换红外光谱技术, 将山茶籽油与大豆油、玉米油、菜籽油在 1122 cm^{-1} 与 1096 cm^{-1} 处的 2 个吸收峰进行比较, 通过峰高差异快速定性区分各类食用油。姚婉清等^[20]通过建立和优化山茶籽油多元掺假近红外的模型及预处理条件, 对掺入花生油、玉米油的山茶籽油二元/三元掺假样品进行定量检测分析。研究证实, 该实验所建模型预测效果较好, 相对误差绝对值均低于 6%。莫欣欣等^[21]采用可见 IR 法, 并从预处理方法、光谱波段范围和建模方法角度优化山茶籽油掺假预测模型, 对山茶籽油中掺入菜籽油和花生油的混合体系进行检测分析。研究表明, 该方法可实现山茶籽油的三元体系掺假定量检测, 其预测均方根误差均小于 2.1%。然而, IR 法分析结果需借助化学计量学, 数据处理较繁琐, 纯油样品会受限于品种、气候与加工等因素, 影响其检测结果的稳定性^[22]。

2.2.2 拉曼光谱法(Raman spectroscopy, RS)

RS 法依据分子振动水平分析物质的化学组成, 因其对 C=C、C≡N 等化学键具有极高的敏感性, 无需接触即可对食用油进行检测^[23]。邓平建等^[24]根据不同食用油的扩展拉曼光谱形态差异, 结合聚类分析建立快速鉴别掺假山茶籽油的方法。结果证实, 该方法的判别正确率高于 92%。郝勇等^[25]采用 RS 与偏最小二乘多元校正方法, 通过不同的光谱预处理和连续投影的变量筛选优化定量模型, 对山茶籽油中的棕榈酸和十四烷酸进行检测分析。研究表明, 优化后的模型预测精度明显提高。RS 法不消耗化学试剂, 检测快, 但任何一种杂质污染都会影响其结果的稳定性, 因此并没有广泛应用于山茶籽油的真实属性鉴别。

2.2.3 荧光光谱法(fluorescent spectrometry, FS)

FS 法的基本原理是当检测物质的成分改变时, 同步荧光特征峰会发生位移^[26]。孙艳辉等^[27]采用同步 FS 法采集山茶籽油、大豆油、葵花籽油等纯油样的光谱, 结合化学计量学建立山茶籽油真伪鉴别模型。结果证实, 该模型的掺假判别率达到 100%。FS 法具有简化谱图、提高选择性、降低光散射干扰等特点。但该方法所用仪器昂贵, 定量分析时需要标样, 难于分析, 目前在山茶籽油的真实属性鉴别中应用较少。

2.3 色谱法

2.3.1 气相色谱法(gas chromatography, GC)

脂肪酸作为植物油的特征指标,可采用 GC 法分析掺假油脂脂肪酸的构成比。然而,不同产地的山茶籽油脂肪酸组成存在差异,但差异不大。此外,当混合油样的掺伪量高于 5%时,可利用 GC 结合化学计量学建立鉴别模型,判断掺假油的类型和含量^[28,29]。应美蓉等^[30]利用 GC 法,对山茶籽油中掺入其他植物油的样品进行脂肪酸组成分析,根据特征脂肪酸的变化规律建立回归预测模型。结果证实,该模型的预测系数高于 0.99,回收率为 96.56%~112.88%,可实现掺伪山茶籽油纯度的鉴别与分析。常颖萃^[29]采用 GC 法对掺伪山茶油中的特征脂肪酸进行检测分析。研究表明,其含量与掺伪比例呈现线性关系,相关系数大于 0.972。余佳荣等^[31]采用 GC 法检测山茶籽油中掺入其他植物油的二元体系,建立快速、准确鉴别其掺假的判定方法。张继光等^[32]采用 GC 法结合模式识别分析,对山茶籽油和茶叶籽油的脂肪酸组成及含量进行检测分析。研究表明,该方法可准确区分 2 种茶籽油,确定其关键特征物。张亚敏等^[33]采用 GC 法检测浸出与冷榨山茶籽油中脂肪酸的含量,并结合其理化指标对山茶籽油的品质进行评价。GC 法因其简单快速、灵敏度高等特点,适用于大批量油脂样品的掺假检测。但目前该方法难以检测掺伪量低于 4%的混合油样^[30],使其具有一定的局限性。

2.3.2 气相色谱-质谱联用法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)

GC-MS 法可借助谱图库直接检索出各脂肪酸色谱峰的名称,因其无需标样,简便快捷,被广泛应用于油脂鉴别。李梓铭等^[34]基于色谱的高分离性能及 GC-MS 法,分析山茶籽油脂肪酸的组成和含量,并对其香味物质进行鉴定,丰富和完善山茶籽油的质量评价体系。陈通等^[35]基于气相离子迁移谱与多维主成分分析方法,对纯山茶籽油与掺假山茶籽油进行检测分析。结果证实,该方法可实现山茶籽油掺假的定性定量分析,模型预测值高于 95%。李桂仙等^[36]采用 GC-MS 法检测山茶籽油中掺入芝麻油、花生油和玉米油后的脂肪酸成分,并建立线性回归方程对掺假比例进行预测与验证。结果证实,该方法的判别准确率高于 97%,可检测最低掺入量为 10%。柴振林等^[37]采用 GC-MS 法对山茶籽油掺假后的脂肪酸组成进行检测分析。研究表明,该方法的总体准确率高达 101%。杨柳等^[38]利用顶空 GC-MS 法检测山茶籽油、大豆油、菜籽油等的可挥发性成分,通过对比挥发性特征物质的种类及相对含量,建立一种快速鉴别山茶籽油真实属性的方法。研究表明,该方法可测出掺假浓度高于 5%的山茶籽油,相对偏差均低于 3%。然而,GC-MS 法受限于技术条件,需对样品进行前处理,操作繁琐,难以满足现场快速检测的要求。

2.3.3 液相色谱法(liquid chromatography, LC)

LC 法通过检测山茶籽油中的角鲨烯、甘油三酯、生育酚、 β -谷甾醇等特征物质,从而对山茶籽油的真实属性进行定性定量鉴别。贺加媛等^[39]选取最佳色谱条件,采用高效液相色谱-二极管阵列检测器(high-performance liquid chromatography-diode array detector, HPLC-DAD)检测并建立山茶籽油特征指纹图谱的共有模式。结果表明,其最高相似度为 0.923。Alam^[40]采用液相色谱-电喷雾电离质谱联用技术,对山茶籽油中三酰基甘油进行检测分析,并结合其自氧化与氧化产物评价山茶籽油的品质。黄连琴等^[41]采用 GC 法检测脂肪酸与 LC 法检测生育酚,对山茶籽油的掺假进行判别分析。研究表明,该方法可准确区分山茶籽油与菜籽油。胡谦等^[42]基于超高效液相色谱-四极杆飞行时间-质谱技术与化学计量学,对浸出与压榨山茶籽油的甘油酯组成进行比较分析。结果证实,该方法可准确区分浸出与压榨山茶籽油。LC 法适用性广,不会受限于油样的挥发性和热稳定性,灵敏度较高^[43]。但该方法前处理需要大量化学试剂,在一定程度上会破坏样品。

2.4 电子鼻技术(electronic nose, E-nose)

E-nose 的工作原理是传感器鉴别物质中的气体成分,将产生的电信号转换为数字信息进行识别与确定。丛凯平等^[44]采用 E-nose 对不同提取方法所制山茶籽油进行鉴别,主要对比其感官和理化指标的差异。结果证实,该方法的累积方差贡献率高于 99.622%,鉴别指数均为 88。罗凡等^[45]采用 E-nose 和 GC-MS 法分别对山茶籽油的气味和挥发性成分进行分析。研究表明, E-nose 可区分不同温度下山茶籽油的气味成分,其相对偏差均低于 14%。海铮等^[46]采用 E-nose 检测山茶籽油中掺入大豆油后的挥发性成分,并运用反向传播神经网络(back propagation neural network, BPNN)对混合油样进行定量预测。研究表明,该模型预测效果较差。E-nose 响应时间短、检测成本低,可检测一些人鼻不能够检测的气体。但是该仪器自身会产生漂移问题,降低方法的灵敏度^[19,47]。

2.5 其他

除了上述常用的鉴别方法外,还有一些其他方法被应用于山茶籽油的真实属性鉴别。周玥等^[48]依据山茶籽油与菜籽油亲水性的差异,将纯山茶籽油、纯菜籽油以及混合油与水混合。观察其震荡后油水的分离速度、分布情况与混合后的形态,从而判断山茶籽油中是否掺入菜籽油。张冰等^[49]采用介电谱法检测山茶籽油与其他植物油,并结合主成分分析法建立定量分析模型。结果证实,该模型预测均方根误差小于 2.10%。朱绍华等^[50]采用稳定同位素质谱法,对山茶籽油中掺入玉米油的混合油样进行检测。研究表明,当玉米油掺入量高于 15%时,该方法能准确计

算出山茶籽油中玉米油的掺入量。

3 结语与展望

近年来, 为了避免山茶籽油掺假、保障消费者合法权益, 研究者一直采用各种方法对其真实属性进行鉴别。本文主要介绍了各类检测方法在山茶籽油真实属性鉴别中的应用, 分析其优缺点, 评价其检测效果。目前, 气相色谱法、近红外光谱技术因快速、耗时短、分析效率高等特点, 被广泛应用于山茶籽油的真实属性鉴别^[51]。但这些方法均需要结合化学计量学建立模型, 数据处理较复杂。因此, 在今后山茶籽油的真实属性鉴别中, 建立预测效果准确的判别模型是重要的研究方向。此外, 已有文献所报的鉴别方法有待进一步完善, 如优化预处理条件、建立多元掺假鉴别模型、降低可检测掺入比例与综合多个特征指标进行分析等。这些亟待解决的问题不但与未来山茶籽油真实属性鉴别研究的发展趋势相符, 也可为其他食用植物油的掺杂掺假检测提供思路。

参考文献

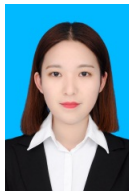
- [1] 吴飞. 山茶油掺假鉴别技术的发展现状和探究[J]. 食品安全导刊, 2015, 36(98): 158.
Wu F. Development status and exploration of camellia oil adulteration identification technology [J]. China Food Saf Magaz, 2015, 36(98): 158.
- [2] 郭郁婷, 江佳雯, 游瑞云, 等. 光谱法鉴别油茶籽油的真伪[J]. 广州化学, 2017, 42(3): 38-42.
Guo YT, Jiang JW, You RY, et al. Adulteration detection of camellia oil by spectroscopy method [J]. Guangzhou Chem, 2017, 42(3): 38-42.
- [3] 费学谦. 油茶籽油加工工业现状、问题及对策分析[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 449-452.
Fei XQ. Study on current status, problems and countermeasures of oil-tea camellia seeds oil processing industry [J]. Sci Technol Food Ind, 2011, 32(10): 449-452.
- [4] 毛方华, 王鸿飞, 周明亮. 山茶油的功能特性[J]. 食品科技, 2010, 35(1): 181-185.
Mao FH, Wang HF, Zhou ML. Functional properties of *Camellia oleifera* seed oil [J]. Food Sci Technol, 2010, 35(1): 181-185.
- [5] Chen SS, Luo SZ, Zheng Z, et al. Enzymatic lipophilization of epicatechin with free fatty acids and its effect on antioxidative capacity in crude camellia seed oil [J]. J Sci Food Agric, 2017, 97(3): 868-874.
- [6] Chaikul P, Sripisut T, Chanpirom S, et al. Melanogenesis inhibitory and antioxidant effects of *Camellia oleifera* seed oil [J]. Adv Pharm Bull, 2017, 7(3): 473-477.
- [7] Xiao X, He L, Chen Y, et al. Anti-inflammatory and antioxidative effects of *Camellia oleifera* Abel components [J]. Fut Med Chem, 2017, 9(17): 2069-2079.
- [8] Cheng YT, Wu SL, Ho CY, et al. Beneficial effects of camellia oil (*Camellia oleifera* Abel) on ketoprofen-induced gastrointestinal mucosal damage through upregulation of HO-1 and VEGF [J]. J Agric Food Chem, 2014, 62(3): 642-650.
- [9] 苏会雨, 李涛. 营养与保健油脂-山茶油[J]. 现代食品, 2016, (6): 34-35.
Su HY, Li T. Nutritional value and health care function of camellia seed oil [J]. Mod Food, 2016, (6): 34-35.
- [10] Bumrungpert A, Pavadhgul P, Kalpravidh RW. Camellia oil-enriched diet attenuates oxidative stress and inflammatory markers in hypercholesterolemic subjects [J]. J Med Food, 2016, 19(9): 895-898.
- [11] 罗菊英. 山茶油在预防 ICU 腹泻患者肛周皮肤损伤的疗效观察[J]. 黑龙江医药, 2014, 27(6): 1354-1355.
Luo JY. Effect of camellia oil on prevention of perianal skin injury in ICU patients with diarrhea [J]. Heilongjiang Med, 2014, 27(6): 1354-1355.
- [12] 黄娇丽. 山茶油掺伪检验方法研究[D]. 南宁: 广西大学, 2014.
Huang JL. Study on the methods for determination of the adulterated camellia oil [D]. Nanning: Guangxi University, 2014.
- [13] GB 11765-2018 油茶籽油[S].
GB 11765-2018 Oil-Tea camellia seed oil [S].
- [14] 詹晓靓. 基于碘值差异的山茶油掺假判别[J]. 福建农业科技, 2018, 9(6): 30-32.
Zhan XL. Discrimination of adulteration in camellia oil based on difference of iodine value [J]. Fujian Agric Sci Technol, 2018, 9(6): 30-32.
- [15] 郑艳艳, 吴雪辉. 掺伪茶油的化学模式识别方法研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(7): 115-118.
Zheng YY, Wu XH. Study on chemical pattern recognition of camellia oil adulteration [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(7): 115-118.
- [16] 杨潇, 尹顺顺, 毕建洪. 山茶油及其它油品的相关标准鉴定[J]. 合肥师范学院学报, 2017, 35(6): 31-35.
Yang X, Yin SS, Bi JH. Standard identification of camellia oil and other cooking oils [J]. J Hefei Norm Univ, 2017, 35(6): 31-35.
- [17] 赵淑娟, 郭平, 万建春, 等. 山茶油掺伪鉴别技术研究进展[J]. 食品工业, 2018, 39(5): 300-303.
Zhao SJ, Guo P, Wan JC, et al. Research progress in detection of camellia oil adulteration [J]. Food Ind, 2018, 39(5): 300-303.
- [18] 孙通, 吴宜青, 李晓珍, 等. 基于近红外光谱和子窗口重排分析的山茶油掺假检测[J]. 光学学报, 2015, 35(6): 1-8.
Sun T, Wu YQ, Li XZ, et al. Discrimination of camellia oil adulteration by NIR spectra and subwindow permutation analysis [J]. J Opt, 2015, 35(6): 1-8.
- [19] 韩建勋, 孙瑞雪, 陈颖, 等. 傅里叶变换红外光谱结合化学计量学用于山茶油中掺杂大豆油的鉴别[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(18): 222-227.
Han JX, Sun RX, Chen Y, et al. Discrimination of soya bean oil in adulterated camellia oil by FTIR spectroscopy combined with chemometrics [J]. Food Ferment Ind, 2019, 45(18): 222-227.
- [20] 姚婉清, 彭梦侠, 陈梓云, 等. 山茶油多元掺假近红外模型的建立与研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(2): 492-499.
Yao WQ, Peng MX, Chen ZY, et al. Establishment and study of camellia oil multiple adulteration near-infrared model [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(2): 492-499.

- [21] 莫欣欣, 周莹, 孙通, 等. 可见/近红外光谱的油茶籽油三元体系掺假检测模型优化[J]. 光谱学与光谱分析, 2016, 36(120): 3881-3884.
Mo XX, Zhou Y, Sun T, *et al.* Model optimization of ternary system adulteration detection in camellia oil based on visible/near infrared spectroscopy [J]. Spectrosc Spect Anal, 2016, 36(120): 3881-3884.
- [22] 谢婷婷, 黄丽. 山茶油掺假检测技术的研究现状[J]. 科技与创新, 2014, 21: 9, 13.
Xie TT, Huang L. Research status camellia oil adulteration detection technology [J]. Sci Technol Innov, 2014, 21: 9, 13.
- [23] 刘燕德, 谢庆华, 王海阳. 光谱法在山茶油品质检测中的应用[C]. 第十八届全国光散射学术会议, 2015, 10: 283-284.
Liu YD, Xie QH, Wang HY. Application of spectrometric method in quality detection of camellia oil [C]. 18th National Conference on Light Scattering, 2015, 10: 283-284.
- [24] 邓平建, 梁裕, 杨冬燕, 等. 基于拉曼光谱-聚类分析快速鉴别掺伪油茶籽油[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(4): 72-75, 80.
Deng PJ, Liang Y, Yang DY, *et al.* Rapid detection of adulterated oil-tea camellia seed oil by Raman spectrum-cluster analysis [J]. J China Cereals Oils Assoc, 2016, 31(4): 72-75, 80.
- [25] 郝勇, 孙旭东, 耿响. 拉曼光谱法定量分析山茶油中脂肪酸[J]. 食品科学, 2018, 34(18): 137-140.
Hao Y, Sun XD, Geng X. Quantitative determination of fatty acids in camellia oil by using Raman spectroscopy [J]. Food Sci, 2018, 34(18): 137-140.
- [26] Ewa S, Tomasz G, Igor VK, *et al.* Classification of edible oils using synchronous scanning fluorescence spectroscopy [J]. Food Chem, 2005, 89: 217-225.
- [27] 孙艳辉, 吴霖生, 翁长晟, 等. 应用同步荧光光谱和支持向量机快速鉴别油茶籽油真伪[J]. 食品工业科技, 2012, (4): 52-55.
Sun YH, Wu LS, Weng CS, *et al.* Identification of authenticity of tea camellia seed oil by using synchronous fluorescence spectroscopy with support vector machines [J]. Food Ind Sci Technol, 2012, (4): 52-55.
- [28] 陈欢, 罗昭标, 冯小艳, 等. 油茶籽油脂肪酸含量、分析检测方法及其分子生物学研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(10): 345-349, 354.
Chen H, Luo ZB, Feng XY, *et al.* Research progress on fatty acid contents, analytical methods and molecular biology of *Camellia oleifera* seed oil [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(10): 345-349, 354.
- [29] 常颖萃. 基于气相色谱法的福建油茶籽油真伪鉴别[J]. 福建林业科技, 2019, 46(2): 30-34.
Chang YC. Identifying Fujian camellia oil adulteration by gas chromatography [J]. Fujian Forest Sci Technol, 2019, 46(2): 30-34.
- [30] 应美蓉, 杜文凯, 章程, 等. 气相色谱法测定脂肪酸含量判定山茶油纯度[J]. 中国油脂, 2020, 45(1): 132-136.
Ying MR, Du WK, Zhang C, *et al.* Judgment of purity of oil-tea camellia seed oil by determining fatty acid content with gas chromatography [J]. China Oils Fats, 2020, 45(1): 132-136.
- [31] 余佳荣, 晁燕, 谭利娟. 基于气相色谱法的湖南油茶籽油掺杂判定[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(5): 88-91.
She JR, Chao Y, Tan LJ. Judgment methods for adulterated camellia oil based on Hunan camellia oil with gas chromatography [J]. J Cent S Univ Forest Technol, 2014, 34(5): 88-91.
- [32] 张继光, 吴万富, 吕世懂. 基于脂肪酸组成的茶叶籽油和油茶籽油模式识别分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(17): 247-252.
Zhang JG, Wu WF, Lv SD. Pattern recognition analysis of camellia seed oils and oil-tea camellia seed oils based on fatty acid composition [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(17): 247-252.
- [33] 张亚敏, 林文津, 曾勇, 等. 浸出与冷榨山茶油中脂肪酸的测定及品质评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(22): 252-256.
Zhang YM, Lin WJ, Zeng Y, *et al.* Quality evaluation and content determination of fatty acids in camellia oil extracted by method of infusion and cold pressing [J]. Sci Technol Food Ind, 2018, 39(22): 252-256.
- [34] 李梓铭, 余佳荣, 李红爱, 等. 油茶籽油气相色谱与气质联用分析[J]. 林业科技通讯, 2017, 12: 76-79.
Li ZM, She JR, Li HA, *et al.* GC-FID and GC-MS analysis of camellia seed oil [J]. Forest Sci Technol, 2017, 12: 76-79.
- [35] 陈通, 陈鑫郁, 谷航, 等. 气相离子迁移谱对山茶油掺假的检测[J]. 食品科学, 2019, 40(8): 275-279.
Chen T, Chen XY, Gu H, *et al.* Detection of adulterated camellia oil using gas chromatography-ion mobility spectrometry [J]. Food Sci, 2019, 40(8): 275-279.
- [36] 李桂仙, 李晔, 张春丹. 基于脂肪酸谱法分析山茶油掺伪[J]. 食品工业科技, 2019, 40(22): 277-281.
Li GX, Li Y, Zhang CD. Adulteration analysis of camellia oil based on fatty acid spectrometry [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(22): 277-281.
- [37] 柴振林, 杨柳, 朱杰丽, 等. 气相色谱-质谱法鉴定油茶籽油掺杂的方法研究[J]. 浙江农业学报, 2012, 24(6): 1117-1121.
Chai ZL, Yang L, Zhu JL, *et al.* Method study on the identification of the adulterated camellia oil by gas chromatography-mass spectrometry [J]. J Zhejiang Agric, 2012, 24(6): 1117-1121.
- [38] 杨柳, 吴翠蓉, 朱杰丽, 等. 顶空-气质联用法鉴别油茶籽油真伪[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(11): 105-113.
Yang L, Wu CR, Zhu JL, *et al.* Identification of authentic or fake of camellia oil by headspace gas chromatography-mass spectrometry [J]. J Chin Cereals Oils Assoc, 2012, 27(11): 105-113.
- [39] 贺加媛, 章乐, 陈静君, 等. 山茶油 HPLC-DAD 指纹图谱研究[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(7): 1115-1118.
He JY, Zhang L, Chen JJ, *et al.* Fingerprint analysis of camellia oil HPLC-DAD [J]. Zhejiang Agric Sci, 2016, 57(7): 1115-1118.
- [40] Alam Z. Triacylglycerols composition, oxidation and oxidation compounds in camellia oil using liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Chem Phys Lipids, 2012, (165): 608-614.
- [41] 黄连琴, 王兴进, 卢宗桂, 等. 基于脂肪酸和生育酚组成的油茶籽油掺假判别可行性分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(1): 105-109.
Huang LQ, Wang XJ, Lu ZG, *et al.* Feasibility of adulteration of oil-tea camellia seed oil based on fatty acid and tocopherol compositions [J]. China Oils Fats, 2019, 44(1): 105-109.
- [42] 胡谦, 张九凯, 韩建勋, 等. 基于 UPLC-QTOF-MS 技术的压榨和浸出油茶籽油甘油酯组成比较分析[J/OL]. 食品科学, [2020-04-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20200417.1003.006.html>.

- Hu Q, Zhang JK, Han JX, *et al.* Comparative analysis of the composition of pressed and extracted camellia seed oil glycerides based on UPLC-QTOF-MS technology [J/OL]. Food Sci, [2020-04-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20200417.1003.006.html>.
- [43] 吴翠蓉. 油茶籽油掺假测定方法的研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2013.
- Wu CR. Study of the method for determination of adulteration in camellia oil [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2013.
- [44] 丛凯平, 李婷婷, 吴彩娥, 等. 不同方法提取油茶籽油品质比较及电子鼻分析[J]. 精细化工, 2020, 37(2): 339–345.
- Cong KP, Li TT, Wu CE, *et al.* Quality comparison and electronic nose analysis of *camellia oleifera* Abel seed oil extracted by different methods [J]. Fine Chem, 2020, 37(2): 339–345.
- [45] 罗凡, 费学谦, 沈丹玉, 等. 加热前后油茶籽油气味特征变化的规律研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(5): 21–27.
- Luo F, Fei XQ, Shen DY, *et al.* Regulation of characteristics of the smell of oil-tea camellia seed oil before and after heating [J]. China Oils Fats, 2018, 43(5): 21–27.
- [46] 海铮, 王俊. 基于电子鼻山茶油芝麻油掺假的检测研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(3): 192–197.
- Hai Z, Wang J. Detection of adulteration in camellia seed oil and sesame oil using an electronic nose [J]. J China Cereals Oils Assoc, 2006, 21(3): 192–197.
- [47] 张东生, 金青哲, 薛雅琳, 等. 油茶籽油的营养价值及掺伪鉴定研究进展[J]. 中国油脂, 2013, 38(8): 47–50.
- Zhang DS, Jin QZ, Xue YL, *et al.* Nutritional value and adulteration identification of oil-tea camellia seed oil [J]. China Oils Fats, 2013, 38(8): 47–50.
- [48] 周玥, 郭华, 张波, 等. 震荡观察法快速鉴别油茶籽油中掺杂菜籽油[J]. 湖南农业科学, 2016, (1): 66–70.
- Zhou Y, Guo H, Zhang B, *et al.* Study of rapid identification method for camellia seed oil adulterated with rapeseed oil [J]. Hunan Agric Sci, 2016, (1): 66–70.
- [49] 张冰, 章颖强, 魏佳莉, 等. 基于介电谱法的油茶籽油掺伪检测方法研究[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(12): 111–115.
- Zhang B, Zhang YQ, Wei JL, *et al.* Research on the detection of adulteration of virgin camellia oil based on dielectric spectroscopy method [J]. J China Cereals Oils Assoc, 2012, 27(12): 111–115.
- [50] 朱绍华, 张帆, 王美玲, 等. 稳定同位素质谱法鉴别茶油中掺杂玉米油研究[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(3): 8–10.
- Zhu SH, Zhang F, Wang ML, *et al.* Identification of corn oil doped in camellia oil by element analysis stable isotope ratio mass spectrometric [J]. Food Nutr Chin, 2013, 19(3): 8–10.
- [51] 刘翠银, 黄丽, 罗莫放. 现代检测技术在山茶油掺伪识别中的应用研究[J]. 轻工科技, 2015, 2(2): 3–4, 12.
- Liu CY, Huang L, Luo MF. Application of modern detection technology in the identification of camellia oil adulteration [J]. Light Ind Sci Technol, 2015, 2(2): 3–4, 12.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



孙延勤, 硕士研究生, 主要研究方向为食品质量安全控制。

E-mail: 2019808144@njau.edu.cn



王 玮, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品质量安全控制。

E-mail: wangwei821220@njau.edu.cn