

湖南茶油中脂肪酸及活性成分研究

岳超¹, 喻宁华¹, 李红爱², 余佳荣¹, 周文化^{3,4}, 李梓铭^{1,3,4*}

(1. 湖南省林产品质量检验检测中心, 长沙 410007; 2. 湖南安全技术职业学院, 长沙 410151; 3. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 长沙 410004; 4. 特医食品加工湖南省重点实验室, 长沙 410004)

摘要: 目的 建立紫外分光光度法快速检测湖南本地油茶(*Camellia oleifera* Abel.)茶籽油中多酚、总黄酮和消光系数的分析方法。**方法** 搜集30批次油茶籽油, 建立紫外分光光度法测定油茶籽油的总黄酮值、多酚含量和消光系数, 参照食品安全国家标准, 测定油茶籽油中11种脂肪酸成分。**结果** 确定紫外分光光度法不同参数指标中茶油待测样品的最大吸收波长, 油茶籽油的总黄酮值含量在0.02~8.32 mg/kg范围之间、多酚含量在7.08~34.63 mg/kg范围之间, 消光系数在0.135~1.445范围之间。11种脂肪酸组成中比例最高的3项依次是油酸、亚油酸和棕榈酸, 不饱和脂肪酸比例超过86%。**结论** 建立紫外分光光度快速检测法, 有助于对油茶籽油质量分级及定向功能性筛选, 适宜工厂实时监测和化妆品研发数据参考; 对主要脂肪酸进行动脉粥样硬化指数(atherogenic index, AI)和血栓形成指数(thrombosis index, TI)两项营养指数评价, 油茶籽油造成心血管的风险很低, 具有良好的油用价值; 为湖南茶油生产与加工过程中质量安全控制及高附加值产品的研发提供了一定的基础数据。

关键词: 油茶籽油; 脂肪酸; 消光系数; 多酚; 总黄酮

Research on fatty acids and active components in *Camellia oleifera* Abel. seed oil of Hunan province

YUE Chao¹, YU Ning-Hua¹, LI Hong-Ai², SHE Jia-Rong¹, ZHOU Wen-Hua^{3,4}, LI Zi-Ming^{1,3,4*}

(1. Hunan Forest Product Quality Check and Inspection Center, Changsha 410007, China; 2. Hunan Vocational Institute of Safety Technology, Changsha 410151, China; 3. Food Science and Engineering, Central South Forestry University of Science and Technology University, Changsha 410004, China; 4. Hunan Key Laboratory of Processed Food for Special Medical Purpose, Changsha 410004, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the rapid determination of polyphenols, total flavonoids and extinction coefficient in *Camellia oleifera* Abel. tea seed oil by ultraviolet (UV) spectrophotometry. **Methods** Thirty batches of *Camellia oleifera* Abel. seed oil were collected. The total flavonoid value, polyphenol content and extinction coefficient of *Camellia oleifera* Abel. seed oil were determined by UV spectrophotometry. According to the national food safety standard, 11 fatty acids in *Camellia oleifera* Abel. seed oil were determined. **Results** The maximum absorption wavelength of tea oil samples in different parameters of UV spectrophotometry was determined. The content of total flavonoids, polyphenols and extinction coefficient were in the range of 0.02–8.32 mg/kg, 7.08–34.63 mg/kg and 0.135–1.445, respectively. Among the 11 fatty acids, oleic acid, linoleic acid and

基金项目: 主要食用林产品污染物风险筛查及风险评估研究(XLK201916)

Fund: Supported by Research on Risk Screening and Risk Assessment of Main Edible Forest Products (XLK201916)

*通信作者: 李梓铭, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品安全风险筛查及评估。E-mail: 375039579@qq.com

*Corresponding author: LI Zi-Ming, Ph.D, Engineer, Hunan Forest Product Quality Check and Inspection Center, Changsha 410007, China. E-mail: 375039579@qq.com

palmitic acid had the highest proportion, and unsaturated fatty acid accounted for more than 86%. **Conclusion** The establishment of a rapid UV spectrophotometry detection method is helpful to the quality classification and directional functional screening of *Camellia oleifera* Abel. seed oil, which is suitable for real-time monitoring in factories and reference of cosmetics research and development data. The main fatty acids are analyzed by atherosclerosis index (AI) and thrombosis index (TI), the results show that the risk of cardiovascular disease caused by *Camellia oleifera* Abel. seed oil is very low, and it have good oil value, which provide some basic data for the quality and safety control and the research and development of high value-added products in the production and processing of *Camellia oleifera* Abel. seed oil in Hunan province.

KEY WORDS: *Camellia oleifera* Abel. seed oil; fatty acid; extinction coefficient; polyphenols; total flavonoids

0 引言

油茶籽油(*Camellia oleifera* Abel. seed oil)又名茶油,富含不饱和脂肪酸,营养价值与橄榄油无异,因此有“东方橄榄油”的美称。其风味醇厚且独特,烟点高、不易氧化变质。茶油含有茶皂苷、生育酚、酚类化合物、类胡萝卜素、角鲨烯和植物甾醇(不包括芳香物质)等多种生物活性物质,具有消炎、抗菌、保护肝和胃的特性,能够清除自由基,延缓细胞的衰老^[1-2]。医学研究表明,长期适量食用茶油,有利于降低心血管疾病的发生机率,起到预防心血管疾病的功效。茶油与橄榄油、冬瓜油、葡萄籽油一样,不仅可以食用,同时对紫外线有一定的吸收能力^[3-5],扩大了消费者在美容化妆领域的选择。

以脂肪酸为原料的基底辅料,已经规模化应用于化妆品、营养强化剂、医药及香料等精细化工,随着对其理化性质和功能性的深入研究,适用范围和需求量在不断扩大。王蕤等^[6]对胡桃科坚果的脂肪酸组成分析并进行营养评价,结果证实胡桃科坚果富含不饱和脂肪酸,食用风险低于动物油脂。茶油中亚油酸、油酸不仅作用于皮肤和指甲保湿,抑制皮脂分泌及痤疮护理,而且是脂溶性维生素的良好载体^[7],欧洲以橄榄油为基底的面膜和化妆品在古罗马时代就有记录,清代《随息居饮食谱》中记载茶油用于头发和眼睛护理、止痒润肤,但茶油在现代化妆品中应用研究成果较少,还未能规模化推广^[8-10]。

水果、蔬菜、种子里都含有多酚类化合物,能作为抗氧化剂和潜在的营养强化剂^[11]。黄酮类化合物是最常见和分布最广的一类植物酚类化合物,化合物以糖基化形式存在于植物的所有部位^[12],大量研究表明,黄酮类化合物能降低许多感染性疾病(细菌或病毒性感染)和慢性疾病(如心血管疾病、癌症和其他疾病)的发生概率^[13]。黄酮类化合物的历史追溯到1930年从橘子中分离出一种新物质。当时的科学界一直将其定义为一种维生素,后来明确该物质为黄酮类化合物(芦丁),目前为止已鉴定出4000多种黄酮类化合物^[14]。丁林伟等^[15]对现行国家标准(GB/T

22500—2008《动植物油脂 紫外吸光度的测定》^[16]与国际标准[ISO 3656: 2002《动植物油脂 紫外吸光度的测定》(英文版)^[17]]中部分内容进行优化,采用10 mm 石英比色皿,测定浓度为1 g/100 mL的橄榄油溶液的吸光度值,经检测后计算得到的消光系数K270 差异较大,为海关行业标准HS/T 57—2017《橄榄油消光系数(K270)的测定方法》^[18]的落实提供了重要的参考依据。

目前对油茶籽油的研究主要集中于其营养成分和功能性成分的提取,因此急需操作便捷的紫外分光光度法用于量化化妆品的指标,并适用于油茶籽油生产期间的质量控制,以期茶油在防护化妆品行业的广泛应用及其新型功能的开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

30 批次湖南不同产地的油茶籽油,数字编号+A 是物理压榨未精炼茶油,数字编号+B 是物理压榨精炼茶油,样品编号3A 与3B、8A 与8B 是同一产地获得的茶油,由湖南省林产品检验检测中心提供。

1.2 仪器

UV-2700 紫外分光光度仪、GC2010PLUS 气相色谱仪(日本岛津公司); AE240 型电子分析天平(瑞士梅特勒公司); 二醇基固相萃取柱(天津博纳艾杰尔科技有限公司); Milli-Q 去离子水发生器(美国 Millipore 公司)。

1.3 试剂

福林酚试剂、碳酸钠、无水乙醇、亚硝酸钠、氢氧化钠、硝酸铝等(分析纯)、正己烷、甲醇(色谱纯)(国药集团化学试剂有限公司); 没食子酸标准品(纯度 97.8%, 德国 Dr.Ehreorfer 公司); 十四烷酸甲酯(C14:0)标准品、十六烷酸甲酯(C16:0)标准品、棕榈油酸甲酯(C16:1)标准品、硬脂酸甲酯(C18:0)标准品、油酸甲酯(C18:1)标准品、亚油酸甲酯(C18:2)标准品、 α -亚麻酸甲酯(C18:3)标准品、花生酸甲酯(C20:0)标准品、二十碳烯酸甲酯(顺-11)(C20:1)标准品、

芥酸甲酯(C22:1)标准品、神经酸甲酯(C24:1)标准品(上海安谱实验科技股份有限公司)。

1.4 实验方法

1.4.1 多酚含量测定

实验采用LS/T 6119—2017《粮油检验 植物油中多酚的测定 分光光度法》^[19]测定油茶籽油中的多酚含量,利用多酚中-OH 基团与福林酚试剂发生显色反应并显蓝色,产生紫外吸收的性质。

(1)样品的制备:称取2 g 茶油,溶于6 mL 正己烷,以1.0 mL/min 过二醇基固相萃取柱,然后再用10 mL 正己烷淋洗,弃去全部流出液,最后用10 mL 甲醇洗脱,收集全部洗脱液。于45 °C水浴中弱氮气吹干,残渣溶于2 mL 甲醇-水(1:1, V/V)溶液中,涡旋振荡1 min, -18 °C冷冻16 h, 4 °C下10000 r/min 离心5 min,取上清液,待测。

(2)标准曲线的绘制:称取没食子酸标准品(0.1±0.001) g,加入少量甲醇溶解,转移到100 mL 容量瓶中。以样品质量浓度(X, mg/mL)为横坐标,吸光度(Y)为纵坐标。

1.4.2 总黄酮含量测定

本研究通过校正曲线法测定芦丁的含量,黄酮类化合物与铝盐生成螯合物,加入氢氧化钠溶液后显红橙色。由于茶油成分复杂,在510 nm 处的吸光值并不一定具有代表性,所以需要特征吸收峰进行摸索。

(1)样品的制备:取5 mL 茶油,用无水乙醇稀释定容至50 mL,精密吸取2 mL 置于25 mL 容量瓶,加入5%的亚硝酸钠溶液1 mL 摇匀,放置5 min。加入10%的硝酸铝1 mL 摇匀,放置5 min。加入10%氢氧化钠溶液10 mL,用无水乙醇稀释至刻度,静置15 min。

(2)标准曲线的绘制:称取0.0123 g 芦丁标准品置于50 mL 容量瓶中,加入无水乙醇稀释至刻度。分别移取0.0、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mL 置于25 mL 容量瓶,按顺序加入5%的亚硝酸钠溶液1 mL 摇匀,放置5 min。加入10%的硝酸铝1 mL 摇匀,放置5 min。加入4%氢氧化钠溶液10 mL,用无水乙醇稀释至刻度,静置15 min。以样品质量浓度(X, mg/mL)为横坐标,吸光度(Y)为纵坐标。

(3)特征吸收峰的确定^[20-21]:选择中速,采样间隔

0.1 s;狭缝宽:2.0 nm;积分时间:0.1 s;光源转换波长:323.0 nm;检测器单元:直接;S/R 转换:标准;阶梯校正:OFF。自动扫描在范围200.00~750.00 nm 的吸收值。

1.4.3 消光系数测定

消光系数是在特定波长下,样品的吸光度除以样品溶液浓度所得到的数值,消光系数和路径长度恒定的比尔-朗伯定律常用于计算蛋白质浓度。实验采用海关行业标准HS/T 57—2017《橄榄油消光系数(K270)的测定方法》测定油茶籽油的消光系数^[18]。

(1)样品的制备:取0.25 mL 茶油,用正己烷溶液定容至25 mL,选择270 nm 作为检测波长,测定浓度为1 mL/100 mL 的油茶籽油溶液的吸光度值。按照下式(1)计算消光系数。

$$E_{1\text{ cm}(270)}^{1\%} = \frac{A_{270}}{\omega} \quad (1)$$

式中: $E_{1\text{ cm}(270)}^{1\%}$ —用10 mm 比色皿在270 nm 波长测浓度1 mL/100 mL(1%)的吸光度,计算结果保留小数后3位;

A_{270} —试样在波长270 nm 测得吸光度;

ω —待测试样的浓度, mL/100 mL。

1.4.4 脂肪酸组成分析及营养指数评价

脂肪酸测定参照GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》方法三 归一化法^[22],吸取约60 mg 试样溶解在4 mL 异辛烷中,加入200 μ L 氢氧化钾甲醇溶液(2%),通过摇晃混合进行酯交换甲酯化,反应完全后,用约2 g 硫酸氢钠中和和剩余氢氧化钾,取澄清试样上机。通过解春芝等^[23]对脂肪酸营养评价方法,计算致动脉粥样硬化指数(atherosclerosis index, AI)和血栓形成指数(thrombosis index, TI),评价其对人类心血管疾病发生的影响。

2 结果与分析

湖南茶油中多酚、总黄酮、消光系数的实验结果见表1,从表1中可知,多酚含量最高的是17A号,总黄酮含量最高的是27号,消光系数数值最大的是3A号。

表1 30批次湖南茶油中多酚、总黄酮、消光系数测定结果

Table 1 Results of polyphenols, total flavonoids and extinction coefficient in 30 batches of *Camellia oleifera* Abel. seed oil from Hunan province

编号	多酚含量/(mg/kg)	总黄酮含量/(mg/kg)	消光系数	编号	多酚含量/(mg/kg)	总黄酮含量/(mg/kg)	消光系数
1	11.25	4.87	1.358	14	18.46	1.07	0.509
2	11.40	3.76	0.924	15	11.73	4.44	1.047
3A	11.86	4.47	1.445	16	11.39	2.76	0.480
3B	9.44	1.40	0.463	17A	34.63	1.14	0.767
4	11.22	1.50	0.631	18	8.58	0.05	1.265
5	10.71	2.61	0.732	19	9.50	0.29	0.778

表 1(续)

编号	多酚含量/(mg/kg)	总黄酮含量/(mg/kg)	消光系数	编号	多酚含量/(mg/kg)	总黄酮含量/(mg/kg)	消光系数
6A	23.60	2.52	0.235	20	18.05	5.04	1.349
7	19.07	2.12	0.258	21	7.08	0.07	1.195
8A	16.65	2.57	1.426	22	12.65	0.43	1.191
8B	11.53	1.66	0.719	23	8.55	0.45	0.497
9	11.61	1.88	0.135	24	8.39	0.50	1.041
10	20.82	0.71	0.402	25	9.14	0.02	0.513
11	20.78	1.57	0.409	26	22.24	5.25	0.828
12	11.54	3.85	1.268	27	13.08	8.32	1.123
13	11.23	1.09	0.950	28	21.30	1.26	1.184

2.1 油茶籽油中多酚测定结果

将处理好的标准溶液和样品在 750 nm 波长测定吸光度, 测得不同浓度没食子酸标准溶液显色产物的吸收值, 绘制出标准工作曲线为 $Y=0.011289X(r^2=0.9999)$ 。根据标准曲线计算出待测样品多酚含量结果(mg/kg), 结果见表 1。多酚含量测定结果的平均值为 14.2493 mg/kg, 相对标准差为 6.1006, 变异系数 0.428。来自同一产地的未精炼(3A、8A)与已精炼(3B、8B)结果对比差异显著。以多酚含量(X, mg/kg)为横坐标, 频数 Y 为纵坐标, 绘制数值分布柱状图及正态分布曲线, 见图 1。

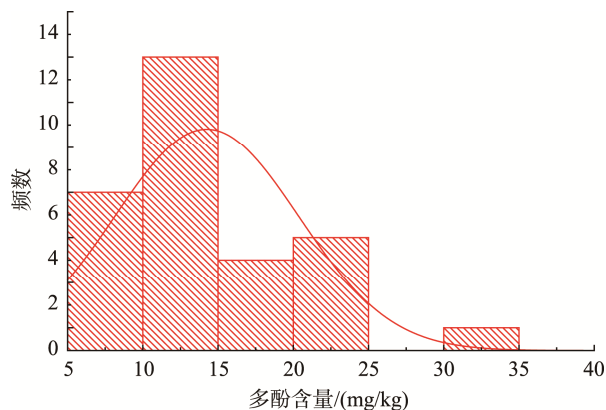


图 1 多酚含量正态分布图

Fig.1 Normal distribution diagram of polyphenol content

2.2 油茶籽油中总黄酮测定结果

2.2.1 油茶籽油中总黄酮特征吸收峰

分别将已制备的 6 个样品在 200~750 nm 进行自动扫描, 扫描结果如图 2 所示。显色产物在 250~300 nm 波长范围内有特征吸收峰, 在图 2 中 262.8 nm 和 299.2 nm 处吸收值出现明显转折, 选择 299 nm 作为检测波长。

2.2.2 油茶籽油中总黄酮含量测定结果

测得不同浓度芦丁标准溶液显色产物的吸收值, 绘制出标准工作曲线为 $Y=0.0423X+0.2129(r^2=0.9999)$ 。根据标准曲线计算出待测样品多酚含量结果(mg/kg), 结果见表 1。总黄酮含量测定结果的平均值为 2.26 mg/kg。相对标准差为 1.9758, 变异系数 0.8759。以总黄酮含量(X, mg/kg)为横坐标, 频数 Y 为纵坐标, 绘制数值分布柱状图及正态分布曲线, 见图 3。

2.3 消光系数测定结果

消光系数的结果见表 1, 未精炼(3A、8A)与已精炼(3B、8B)结果对比, 消光系数明显减少, 说明精炼过程中去除大部分能吸收紫外线的成分, 将来在以油茶籽油为基底的化妆品研发中, 保留这一参数对于指导工艺的优化和原料的分级具有重要的意义。以消光系数 X 为横坐标, 频数 Y 为纵坐标, 绘制数值分布柱状图及正态分布曲线, 见图 4。

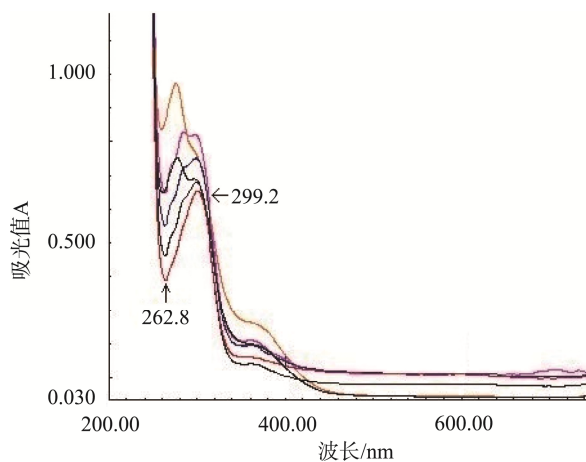


图 2 制备样品光谱吸收情况

Fig.2 Spectrum absorption of prepared samples

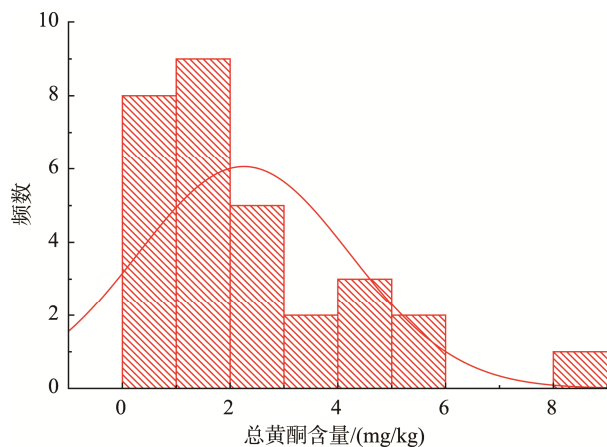


图 3 总黄酮含量正态分布图

Fig.3 Normal distribution diagram of total flavonoid contents

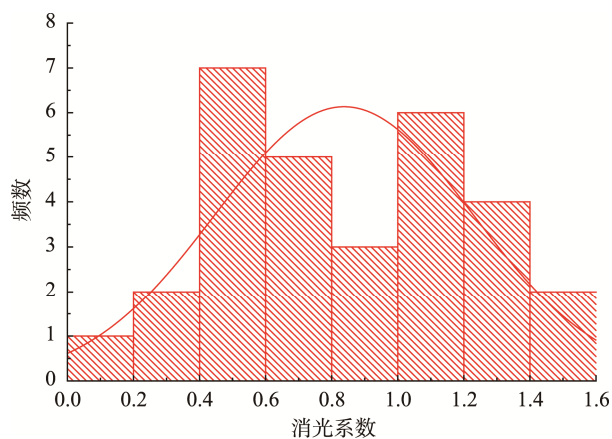


图 4 消光系数正态分布图

Fig.4 Normal distribution of extinction coefficient

2.4 脂肪酸组成及脂肪酸指数评价

采用气相色谱-火焰离子化检测器(gas chromatography-flame ionization detector, GC-FID)检测湖南茶油中的 11 种脂肪酸组成含量,结果见表 2。

油茶籽油中最高 3 种脂肪酸依次是油酸、亚油酸和棕榈酸,脂肪酸 AI 范围为 0.052 ~ 0.068, TI 范围为 0.096~0.143,远低于肉制品的 AI 和 TI 结果^[24-25]。

3 结论与讨论

通过测定油茶籽油中脂肪酸组成、多酚、总黄酮和消光系数,建立油茶籽油中总黄酮含量的检测方法,初步划定了其营养成分范围。油茶籽油在紫外光区有较好的吸收性,可能是因为在加工过程中,不饱和脂肪酸分子的双键间形成共轭体系,能吸收大于 220 nm 的光波^[25]。

表 2 油茶籽油中脂肪酸组成
Table 2 Fatty acid composition of *Camellia oleifera* Abel. seed oil

编号	脂肪酸名称	含量/%
1	豆蔻酸(C14:0)	≅0.2
2	棕榈酸(C16:0)	5.63 ~ 8.64
3	棕榈烯酸(C16:1)	≅0.2
4	硬脂酸(C18:0)	1.64 ~ 2.42
5	油酸(C18:1)	80.3 ~ 82.7
6	亚油酸(C18:2)	6.25 ~ 9.08
7	a-亚麻酸(C18:3)	≅1.0
8	花生酸(C20:0)	≅0.5
9	二十碳烯酸(顺-11)(C20:1)	≅0.5
10	芥酸(C22:1)	未检出
11	神经酸(C24:1)	≅0.5

(1)探讨油茶籽油多酚、黄酮类化合物和消光系数的检测方法,适宜在工厂进行实时监控。为油茶籽油快速筛分,减少精炼工艺造成营养成分损失提供方法依据。检测结果表明油茶籽油在某些光谱特性与橄榄油有很高的相似度,可应用化妆品行业中护肤保湿方向。

(2)对湖南省内同一种源不同产地及同一产地的茶油毛油和精炼油中多酚、黄酮类化合物和消光系数进行检测对比,结果存在一定的差异。结果表明,同一产地茶油毛油上述指标均高于精炼油,验证含量差异与精炼工艺、生产环境有关,可能还受到储存条件、原料的品种以及生长季节等多种因素有关,差异的关联性还有待进一步深入研究。

(3)通过对油茶籽油中脂肪酸组成比例及营养价值评价,油茶籽脂肪酸组成与橄榄油近似外,属于安全油脂。长期食用茶油,人的血脂能够维持在一个健康的状态。单不饱和脂肪酸油酸的含量高达 80%以上,多不饱和脂肪酸如亚油酸及亚麻酸的含量比例超过 6%;有助于延长商品的货架期和食物的烟点。油茶籽油丰富的不饱和脂肪酸组成,在将来高附加值产品研发和营养价值机理研究创造了条件。

参考文献

- [1] 张蕊,薛雅琳,朱琳,等. 橄榄油中甾醇组成及总量测定方法的探讨[J]. 中国油脂, 2011, 36(8): 77-80.
ZHANG R, XUE YL, ZHU L, et al. Determination of sterols in olive oil [J]. China Oils Fats, 2011, 36(8): 77-80.
- [2] 左伟英,杨昉,邱礼鸿. 油茶籽油紫外光吸收特性分析及应用[J]. 粮油食品科技, 2013, 21(3): 47-49.
ZUO WY, YANG M, QIU LH. Analysis and application of ultraviolet absorption characteristics of *Camellia oleifera* seed oil [J]. Sci Technol Cere Oils Foods, 2013, 21(3): 47-49.

- [3] 吕秋冰, 杨芳, 耿得蓉, 等. 冬瓜籽油的理化性质及成分分析[J]. 中国油脂, 2018, 43(3): 90-93.
LV QB, YANG F, JI DR, *et al.* Physicochemical properties and composition analysis of wax gourd seed oil [J]. *China Oils Fats*, 2018, 43(3): 90-93.
- [4] 黄永辉, 郑小严, 黄红霞, 等. 化妆品用茶油光谱特性分析[J]. 福建分析测试, 2008, 17(1): 7-9.
HUANG YH, ZHENG XY, HUANG HX, *et al.* Spectral characteristics of tea oil for cosmetics [J]. *Fujian Anal Test*, 2008, 17(1): 7-9.
- [5] 刘美辰. 国内外橄榄油紫外吸光度限量标准和测定方法的对比研究[J]. 食品科技, 2019, 44(9): 313-317.
LIU MC. Comparative study on ultraviolet absorbance limit standards and determination methods of olive oil at home and abroad [J]. *Food Sci Technol*, 2019, 44(9): 313-317.
- [6] 王蕤, 汤富彬, 钟冬莲, 等. 4种胡桃科坚果中氨基酸和脂肪酸组成分析与营养评价[J]. 中国油脂, 2020, 45(4): 86-91.
WANG J, TANG FB, ZHONG DL, *et al.* Analysis and nutritional evaluation of amino acids and fatty acids in four walnut nuts [J]. *China Oils Fats*, 2020, 45(4): 86-91.
- [7] KANLAYAVATTANAKUL M, LOURITH N. Therapeutic agents and herbs in topical application for acne treatment [J]. *Int J Cosmet Sci*, 2011, 33: 289-97.
- [8] 冯妹元, 韩军花, 刘成梅, 等. 常见精练油中植物甾醇测定方法的建立及含量分析[J]. 中国食品卫生杂志, 2006, 18(3): 197-201.
FENG MY, HAN JH, LIU CM, *et al.* Establishment and content analysis of phytosterols in common refined oils [J]. *Chin J Food Hyg*, 2006, 18(3): 197-201.
- [9] 张松松, 苏良佺, 吴阳, 等. 化妆品用改性山茶油制备工艺研究[J]. 中国油脂, 2020, 45(6): 45-49, 53.
ZHANG SS, SU LQ, WU Y, *et al.* Preparation of modified camellia oil for cosmetics [J]. *China Oils Fats*, 2020, 45(6): 45-49, 53.
- [10] 牟肖男, 王国财, 唐顺之, 等. 不同来源初榨橄榄油的质量研究[J]. 广东化工, 2020, 47(1): 52-54.
MOU XN, WANG GC, TANG SZ, *et al.* The quality research of virgin olive oil from different sources [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2020, 47(1): 52-54.
- [11] 朱琳, 张蕊, 薛雅琳, 等. 植物油中甾醇组成及总量测定方法的改进[J]. 中国粮油学报, 2012, 27(8): 109-112, 128.
ZHU L, ZHANG R, XUE YL, *et al.* Improvement of the measuring methods of composition and total contents of sterols in vegetable oils [J]. *J Chin Cere Oils Ass*, 2012, 27(8): 109-112, 128.
- [12] SHI Y, LIU LL, YANG JL. Phytochemicals and biological activities of pulicaria species [J]. *Chem Biodivers*, 2010, 7(2): 327-349.
- [13] STEWART AJ, BOZONNET S, MULLEN W, *et al.* Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products [J]. *J Agric Food Chem*, 2000, 48(7): 2663-2669.
- [14] KESERVANI RK, SHARMA AK. Flavonoids: Emerging trends and potential health benefits [J]. *J Chin Pharm Sci*, 2014, 23(12): 815-822.
- [15] 丁林伟, 莫正娟, 黄蕙珍. 紫外可见光法测定橄榄油消光系数的优化[J]. 广东化工, 2016, 43(7): 201-202.
DING LW, MO ZJ, HUANG HZ. Optimizing the method in determination of extinction of olive oil by UV-visible spectrophotometry [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2016, 43(7): 201-202.
- [16] GB/T 22500—2008 动植物油脂 紫外吸光度的测定[S].
GB/T 22500—2008 Animal and vegetable oils-Determination of ultraviolet absorbance [S].
- [17] ISO 3656: 2002 动植物油脂 紫外吸光度的测定[S].
ISO 3656: 2002 Animal and vegetable oils-Determination of ultraviolet absorbance [S].
- [18] HS/T 57—2017 橄榄油消光系数(K270)的测定方法[S].
HS/T 57—2017 Determination of extinction coefficient (K270) of olive oil [S].
- [19] LS/T 6119—2017 粮油检验 植物油中多酚的测定 分光光度法[S].
LS/T 6119—2017 Inspection of grain and oils-Determination of polyphenols in vegetable oil-Spectrometric method [S].
- [20] 杨虹, 姜元荣, 魏婷婷, 等. 食用油中植物甾醇测定方法的优化及含量分析[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(2): 120-123, 128.
YANG H, JIANG YR, WEI TT, *et al.* Optimizing analysis method for determination of phytosterols in edible oil [J]. *J Chin Cere Oils Ass*, 2011, 26(2): 120-123, 128.
- [21] 罗育, 李显君, 吴华良, 等. 紫外-可见光谱法测定橄榄中甘油三酯的含量[J]. 广西中医药大学学报, 2017, 20(3): 31-33.
LUO Y, LI XJ, WU HL, *et al.* Determination of TG in olive by UV-vis spectroscopy [J]. *J Guangxi Univ Chin Med*, 2017, 20(3): 31-33.
- [22] GB 5009.168—2016 食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定[S].
GB 5009.168—2016 Food safety national standard-Determination of fat in foods [S].
- [23] 解春芝, 曾海英, 宋杰, 等. 不同种类腐乳游离脂肪酸组成分析及营养评价[J]. 中国酿造, 2018, 37(2): 39-44.
XIE CZ, ZENG HY, SONG J, *et al.* Free fatty acid composition analysis and nutrition evaluation of different sufu varieties [J]. *China Brew*, 2018, 37(2): 39-44.
- [24] 楼乔明, 张问, 刘连亮, 等. 狭鳕鱼皮脂肪酸组成分析及其营养评价[J]. 核农学报, 2016, 30(2): 332-337
LOU QM, ZHANG W, LIU LL, *et al.* Analysis and nutritional evaluation of fatty acids in fishskin of *Theragra chalcogramma* [J]. *J Nuclear Agric Sci*, 2016, 30(2): 332-337
- [25] 胡伟, 李湘洲, 王郝为, 等. 茶油氧化过程中紫外吸收光谱特性[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(5): 92-95.
HU W, LI XZ, WANG HW, *et al.* The characteristics of ultraviolet absorption spectrum in the oxidation process of tea-oil [J]. *J Chin Cere Oils Ass*, 2016, 31(5): 92-95.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



岳超, 高级工程师, 主要研究方向为林下经济产品监管。
E-mail: 623914211@qq.com



李梓铭, 博士, 工程师, 主要研究方向为食品安全风险筛查及评估。
E-mail: 375039579@qq.com