

文章编号 1004-924X(2016)增-0600-07

## 山茶油和橄榄油品质 and 掺假定量分析的对比研究

刘燕德\*, 谢庆华, 王海阳, 唐天义, 张 伟, 姜小刚  
(华东交通大学 光机电技术及应用研究所, 江西 南昌 330013)

**摘要:**以拉曼光谱技术对山茶油和橄榄油品质进行对比研究,再结合化学计量学方法实现山茶油和橄榄油掺假的分别建模和预测分析。论文借助德国 Bruker 激光共焦显微拉曼光谱仪,对比研究了山茶油和橄榄油的掺假快速无损预测效果。将菜籽油、花生油、大豆油、棉籽油、玉米油、葵花籽油分别以 6 个掺假体积比掺杂到山茶油和橄榄油中,每类分别采集 36 个光谱,然后选择信噪比好、特征峰强的  $900\sim 2\,900\text{ cm}^{-1}$  波段数据分别采用一阶派生方法和卷积平滑方法进行预处理,建立偏最小二乘(PLS)模型,比较模型效果得出卷积平滑方法为最佳预处理方法,山茶油掺假的相关系数( $R_p$ )和均方根误差(RMSEP)分别为 0.994 和 1.79%,橄榄油掺假的  $R_p$ 和 RMSEP 分别为 0.989 和 3.05%。最后以最佳预处理后的数据进行主成分回归定量分析(PCR),其预测效果不如偏最小二乘定量分析。实验说明山茶油的掺假预测比橄榄油的准确,在同等条件下,山茶油掺假含量变化更有规律,对油品的掺假有更多可行的防范措施可以实施,所以在山茶油和橄榄油营养条件差异不大的情况下可尽量选用山茶油进行生产加工和销售食用。

**关键词:**山茶油;橄榄油;掺假;拉曼光谱;偏最小二乘法

**中图分类号:**O657.3 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20162413.0600

## Comparative study on camellia oil & olive oil quality and quantitative analysis of adulteration

LIU Yan-de\*, XIE Qing-hua, WANG Hai-yang, TANG Tian-yi, ZHANG Wei, JIANG Xiao-gang

(*Institute of Optics-Mechanics-Electronics Technology and Application,  
East China Jiao Tong University, Nanchang 330013, China*)

\* *Corresponding author, E-mail: jxliuyd@163.com*

**Abstract:** A comparative study on the quality of camellia oil and olive oil is carried out by using the Raman spectra technique, and then, through the chemometrics method, the modeling and predictive analysis on the adulterated camellia oil and olive oil are implemented. In this paper, the study is conducted on rapid nondestructive testing of the adulterated camellia oil and olive oil by virtue of the Bruker laser confocal Raman microscopy of Germany. Experiment process: the rapeseed oil, peanut oil, soybean oil, cottonseed oil, corn oil and sunflower seed oil are respectively added into the camellia oil and olive oil as 6 different doping proportions, 36 spectra for each classification are collected, then the  $900\sim 2\,900\text{ cm}^{-1}$  wave band data with higher signal-to-noise ratio and stronger characteristic peak are selected for preprocessing with the two methods including 1st derivatives and Savitzky Golay Smoothing, and the partial least-square (PLS) model is created. Through a comparison of the model

收稿日期:2016-05-23;修订日期:2016-06-12.

基金项目:“十二五”国家 863 计划课题资助项目(SS2012AA101306);南方山地果园智能化管理技术与装备协同创新中心资助项目(赣教高字[2014]60号);江西省优势科技创新团队建设计划项目(20153BCB24002)

effect, Savitzky Golay Smoothing is confirmed to be the optimal preprocessing method; correlation coefficient ( $R_p$ ) and root-mean-square error (RMSEP) for camellia oil adulteration are respectively 0.994 and 1.79%, while  $R_p$  and RMSEP for olive oil adulteration are respectively 0.989 and 3.05%. Finally, the optimally-processed data is taken as the basis for a principal component regression (PCR) quantitative analysis, but its predictive effect is not as good as the PLS quantitative analysis. The experiment indicates that the prediction for camellia oil adulteration is more accurate than that for the olive oil, and in the same conditions, changes in the adulteration content of camellia oil are more regular, with more practical preventive measures than olive oil adulteration. Hence, in similar nutritional conditions, camellia oil serves as a better choice than olive oil for production and processing, as well as sales and food.

**Key words:** camellia oil; olive oil; adulteration; Raman spectrum; partial least squares (PLS)

## 1 引言

山茶油是油茶植物果实经过机械压榨、浸出等方法提炼得到的木本植物油,又称作野生山茶油、茶籽油、高山茶籽油<sup>[1]</sup>。山茶油颜色金黄透明,口感润滑可口,营养价值高,碘值低,富含不饱和脂肪酸以及多种功能活性成分物质<sup>[2]</sup>,是一种耐贮藏的不干性油。山茶油的烟点高,热稳定性好,不易氧化变质,不含棉酚、芥酸和皂素等有害物质,不含黄曲霉毒素等致癌物质,是所有食用油中的极品。其组成成分和物理、化学常数与橄榄油相近,有“东方橄榄油”美称。市场上山茶油和橄榄油的价格比其他食用油高出 3~10 倍,越来越多食用油侵权事件发生使得开展山茶油和橄榄油品质检测研究和对比分析具有重要意义。Irene Gouvins 等利用拉曼光谱技术对三个品种特级初榨橄榄油的不同成熟阶段进行了表征,主要采用主成分分析(PCA)、判别分析(DA)、主成分回归(PCR)和偏最小二乘回归(PLS-R)多种化学计量学方法评价和量化了品种间的差异性<sup>[3]</sup>。Hui-Zhen Li 等做了响应曲面法对超声波辅助正己烷浸出紫苏油工艺的优化研究,结果表明,响应表面法能有效用于评估复合因素变化和单个或者多个变量同时变化对浸出产油率的影响<sup>[4]</sup>。但国内将拉曼光谱同时应用于山茶油和橄榄油品质和掺假对比分析的研究还未出现。

本文首先对山茶油和橄榄油的营养物质组成进行了研究,然后采用拉曼光谱无损检测技术,采集了两种纯品油的激光显微拉曼光谱,接着对光谱的特征峰进行了分析,研究了其特征峰的振动频率、对应的振动模类型和化合物。最后选用 6

种最常见的掺假油作为掺杂物,分 6 种不同掺杂比例掺进纯品油中,进行掺假实验,并采集了掺杂油光谱,建立出模型,进行两种油掺杂预测及对比分析。

## 2 山茶油和橄榄油的组成

### 2.1 脂肪酸组成含量

茶油在预防心血管疾病、抗氧化、调节免疫、预防肥胖及护肝等方面具有很好的保健作用,其中不饱和脂肪酸是食用油的主要营养成分和健康物质。山茶油中具有较高含量的油酸,少量的饱和脂肪酸,亚油酸,亚麻酸和其他脂肪酸,以及丰富的蛋白质和维生素 A、B、D、E,维他命、矿物质、磷脂等,还含有茶多酚、角鲨烯(三十碳六烯)、三萜类、山茶甙、茶皂甙等人体活性物质。经科学测定,山茶油中不饱和脂肪酸高达 88%,油酸达 77%,亚油酸达 10%,其游离脂肪酸约为 14%,皂化物含量小于 1%,橄榄油的油酸和亚油酸含量分别为 83%和 7%。原姣姣等<sup>[5]</sup>对不同品种油茶籽的含油率和脂肪酸组成分析进行了研究。邓之银等<sup>[6]</sup>为实现食用植物油中饱和脂肪酸、油酸、亚油酸含量的快速预测,对一批纯食用油以及不同比例两两混合油共 91 个样品进行了拉曼光谱

表 1 常见食用油的主要脂肪酸含量

Tab. 1 Main fatty acid content of common edible oils (%)

油品	饱和脂肪酸	不饱和脂肪酸			其他脂肪酸
		油酸	亚油酸	亚麻酸	
山茶油	11	77	10	1	1
橄榄油	10	83	7	—	—
花生油	18	41	39	0.4	1.6

检测,快速检测出了食用油脂肪酸含量。张东生等<sup>[7]</sup>提出了采用气相色谱法测定油茶籽油中功能性成分角鲨烯含量的方法。表 1 列出了几种常见食用油的主要脂肪酸组成。

## 2.2 纯油光谱分析

拉曼光谱采集仪器为共聚焦激光显微拉曼光谱仪,型号为 SENTERRA,光谱检测波长范围是  $90\sim 3\,500\text{ cm}^{-1}$ ,分辨率为  $9\sim 15\text{ cm}^{-1}$ ,激光波长为  $785\text{ nm}$ ,激光功率为  $10\text{ mW}$ ,积分时间为  $30\text{ s}$ ,扫描 2 次得出平均。

采集纯品山茶油和纯品橄榄油波段为  $900\sim 2\,900\text{ cm}^{-1}$  的拉曼光谱,如图 1 所示。图中显示,两种油的特征峰在拉曼频移(均在  $1\,065, 1\,265, 1\,300, 1\,439, 1\,655, 2\,852\text{ cm}^{-1}$  所处的位置上并没有区别,而在谱峰强度(纵坐标)上有明显的区别。这说明,两种纯油的主要化学组成成分基本一致,但各种组成物质的含量有所差异,因此体现为特征峰的拉曼强度的差异,6 个特征峰对应的拉曼谱带归属如表 2 所示。

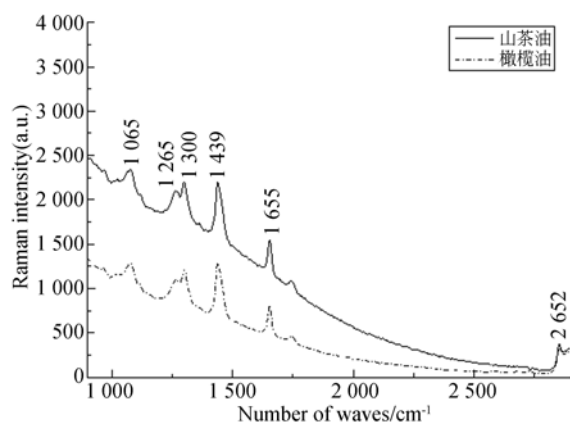


图 1 纯品山茶油和橄榄油的拉曼光谱

Fig. 1 Raman spectra of Camellia oil and olive oil

表 2 纯品山茶油和橄榄油的拉曼光谱特征峰频率和谱带归属

Tab. 2 Feature peak frequencies and band assignment for camellia oil and olive oil

拉曼频移/ $\text{cm}^{-1}$	谱带归属
1 065	C=S 伸缩
1 265	环伸缩振动
1 300	CC 桥键伸缩
1 439	CO <sub>2</sub> 对称伸缩
1 655	C=N 共轭伸缩
2 852	CH <sub>2</sub> 对称伸缩

## 3 山茶油和橄榄油掺假检测

### 3.1 仪器与材料

实验用的拉曼光谱仪器为德国布鲁克公司 (Bruker Optics Inc)生产的共聚焦激光显微拉曼光谱仪,型号为 SENTERRA,光谱检测波长范围是  $90\sim 3\,500\text{ cm}^{-1}$ ,仪器配备有 Olympus BX11 光学显微镜,波数精度可达  $0.5\text{ cm}^{-1}$ ,同时具有实时校正功能。仪器上的检测器、光栅和滤光片可实现自动定位,光谱仪与电脑相连接,电脑装有 OPUS(verion 6.1; Bruker Optik GmbH, Germany)光谱采集配套软件。用化学计量学软件 Unscrambler v10.1 和 v8.0(CAMO AS, Trondheim, Norway)导入实验采集的光谱数据,并建立数学模型进行分析。振荡仪为江苏其林贝尔仪器制造有限公司的 MH-2 型微量振荡器,将混合液体样本的振荡摇匀速度调至中等速度,移液器来自上海康敏检验设备公司,实验中用到  $100\sim 1\,000\ \mu\text{l}$  的规格型号。

实验用到的纯品油,山茶油、橄榄油、菜籽油、花生油、大豆油、稻米油、玉米油、葵花籽油均从江西南昌某大型超市购买。实验中清洗用水和溶剂水均为东莞陶氏水处理设备公司的实验室超纯水机处理的超纯水,利用反渗透工艺制备超纯水,制水的电阻率为  $18.2\text{ M}\Omega/\text{cm}$ 。

### 3.2 样品的制备

实验中将山茶油和橄榄油作为被检测油,菜籽油、花生油、大豆油、棉籽油、玉米油、葵花籽油作为 6 种掺杂油。文献记载,食用油掺假比率常常在  $5\%\sim 60\%$  范围内,本实验中用山茶油和橄榄油为基底,分别配制 6 种体积比为  $10\%, 20\%, 30\%, 40\%, 50\%, 60\%$  的掺假样品,由此分别得到山茶油和橄榄油的 36 个总体积为  $1\text{ ml}$  的掺假油样品。具体配制如下:用移液器分别将  $100, 200, 300, 400, 500, 600\ \mu\text{l}$  的 6 种掺假油添加到贴好标签的试剂管(容量为  $1.5\text{ ml}$ )中,然后分别加入  $900, 800, 700, 600, 500, 400\ \mu\text{l}$  的山茶油。橄榄油掺假样品按同样方法制备。将两种掺假的 72 个样品放到微量振荡器上,振荡摇匀混合液体样本,定时  $15\text{ min}$ 。

### 3.3 混合样品的光谱采集和分析

对于每个样品,用移液器取  $300\ \mu\text{l}$  于银勺

中,缓慢放置于光谱仪检测台中,光谱仪调至最佳焦距,OPUS 软件采集 6 条拉曼光谱。采集参数设置为:激发频率为 50 MHz,分辨率为  $9 \sim 15 \text{ cm}^{-1}$ ,积分时间为 30 s,累积 2 次。对山茶油掺假样品采集的 196 条光谱( $36 \times 6$ )的每个浓度下的 6 条光谱数据分别用 OPUS 软件取平均,得到 36 个平均光谱,然后用 The Un-

scrambler X10.1 软件导入平均光谱数据,再用 Originpro 8.5 软件作出平均光谱图。橄榄油光谱按同样的步骤和方法处理,图 2 为山茶油和橄榄油分别用大豆油掺假后的光谱,光谱波段为  $900 \sim 2900 \text{ cm}^{-1}$ ,此时的信噪比高。从图中可知,所有掺假油光谱的特征峰频率和纯品油一致,但光谱强度不同。

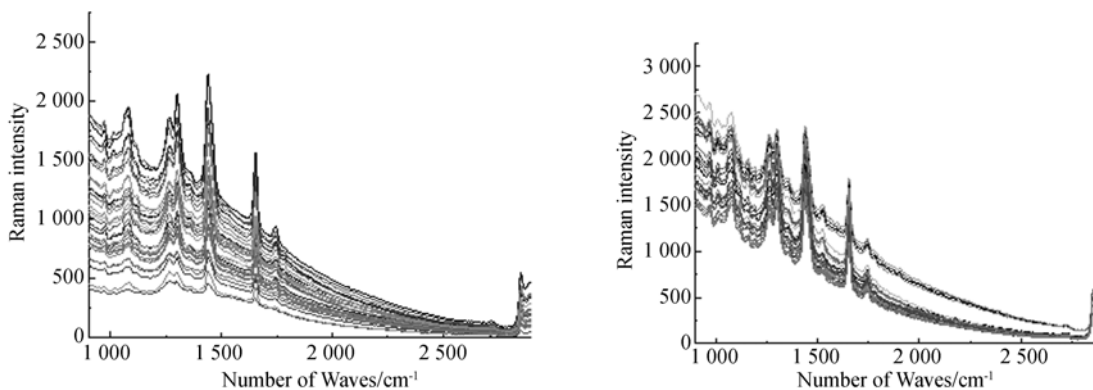


图 2 橄榄油(左)和山茶油(右)掺假样品的平均原始光谱

Fig. 2 Original average spectra of olive oil(Left) and camellia oi(right) adulteration samples

### 3.4 平均光谱数据处理和建模分析

对光谱数据首先进行预处理,然后利用偏最小二乘法(PLS)建模对比模型效果,本文分别采用 5 窗口光滑预处理和 5 窗口一阶导预处理两种方法,分别对山茶油和橄榄油的掺假样品数据进行预处理和建模分析,建模预测结果见表 3。通过比较 PLS 建模的相关系数(R)及均方根误差(RMSEP、RMSEC)。相关系数之间和均方根误差之间最接近,且相关系数越高,均方根误差越小,建模效果最好<sup>[8-10]</sup>。

模型最佳主因子数选择,在校正集样品数不变的情况下,PLS 建立的模型与主因子数的选取有关。模型建立过程中进行了最佳主因子数的合理选择,避免了主因子数过少产生建模信息残缺的不良结果,同时也防止了主因子数过大导致的模型太复杂,甚至出现过拟合的实验缺陷<sup>[11]</sup>。本文采取光谱数据交叉验证法选取最佳主因子数,见图 3 和图 4,结果显示:山茶油掺假样品的光谱数据当主因子数为 6 时,均方根误差最小,即为最好预测模型,橄榄油掺假样品的光谱当主因子数为 5 时,均方根误差最小,模型最好。

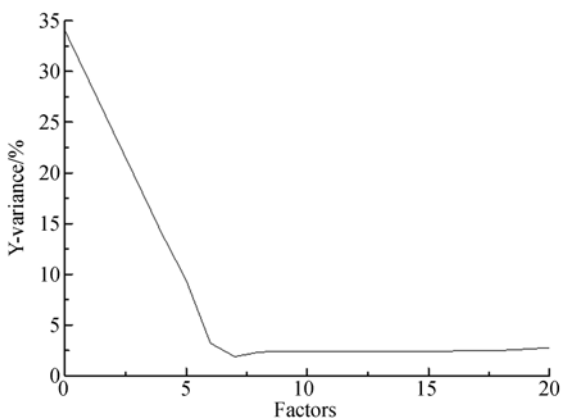


图 3 山茶油掺假建模主因子数的确定

Fig. 3 Determination of principal factor number in Camellia oil adulteration model

用化学计量的方法处理光谱数据,采用不同的预处理方法结合偏最小二乘法建立定量模型,分别将山茶油和橄榄油掺假的 36 个平均光谱数据分成 24 个校正集,12 个为预测集,用偏最小二乘法(PLS)建立拉曼光谱与掺假体积比(真值)的定量分析模型,并通过比较校正集与预测集的

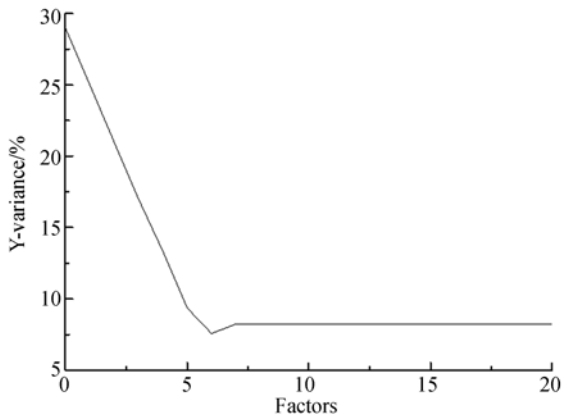


图 4 橄榄油掺假建模主因子数的确定

Fig. 4 Determination of principal factor number in olive oil model

相关系数  $R_C$ 、 $R_P$ 、RMSEC、RMSEP 来评价模型<sup>[12-13]</sup>。表 3 为原始光谱数据和 2 种不同预处理方法处理后的数据结合 PLS 建立的定量模型,经过对比可得,5 窗口的卷积平滑方法预处理后,建立的数学模型的效果最佳。此时山茶油掺假样品的校正集相关系数  $R_C$  为 0.997, RMSEP 为 1.00%, 预测集相关系数  $R_P$  为 0.994, RMSEP 为 1.79%, 其预测集的 PLS 模型拟合曲线如图 5 所示。橄榄油掺假样品的校正集相关系数  $R_C$  为 0.994, RMSEP 为 1.61%, 预测集相关系数  $R_P$  为 0.989, RMSEP 为 3.05%, 其预测集的 PLS 模型拟合曲线如图 6 所示。

表 3 不同预处理数据建模效果比较

Tab. 3 Performance comparison of model with different pretreatments

山茶油掺杂 预处理方法	主因子数	校正集		预测集	
		$R_C$	RMSEC (%)	$R_P$	RMSEC (%)
原始光谱(无预处理)	6	0.997	1.06	0.993	2.00
卷积平滑(5 窗口)	6	0.997	1.00	0.994	1.79
一阶导数(5 窗口)	4	0.994	1.91	0.978	3.87
橄榄油掺杂 预处理方法	主因子数	校正集		预测集	
		$R_C$	RMSEC (%)	$R_P$	RMSEC (%)
原始光谱(无预处理)	5	0.995	1.53	0.989	3.06
卷积平滑(5 窗口)	5	0.994	1.61	0.989	3.05
一阶导数(5 窗口)	3	0.992	1.97	0.973	3.85

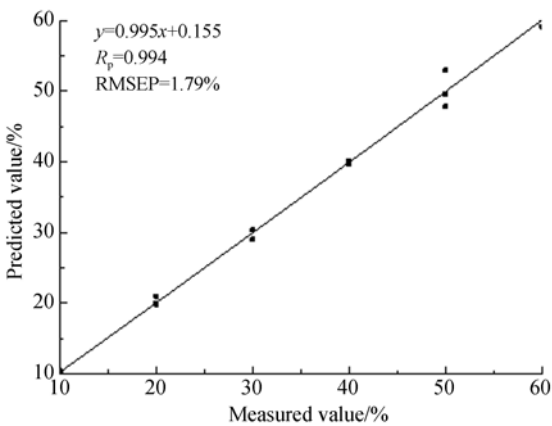


图 5 山茶油掺假样品数据预测集真实值与预测值拟合图  
Fig. 5 Fitting graphic of real values and prediction values for camellia oil adulteration model

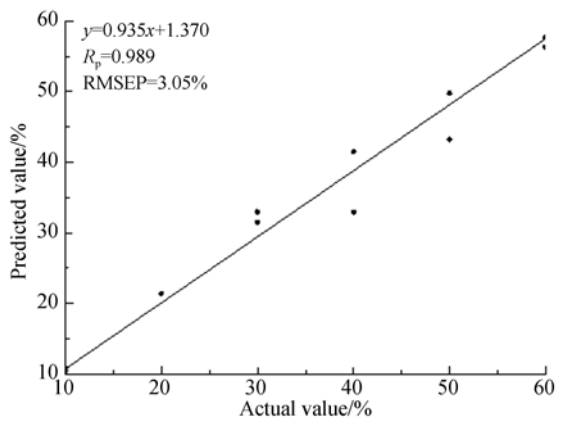


图 6 橄榄油掺假样品数据预测集真实值与预测值拟合图  
Fig. 6 Fitting graphic of real values and prediction values for olive oil adulteration model

### 3.5 主成分回归法(PCR)和 PLS 定量模型预测效果比较

为了探寻最佳掺假油定量建模方法,本文进行了主成分回归法(PCR)和 PLS 定量模型预测效果的比较。具体过程如下:分别以 5 窗口光滑

预处理后的光谱数据和对应的掺假真值作为数据输入,采用 PCR 定量建模方法建模,评价其预测效果并与前面 PLS 结果进行比较,见表 2。由表中对比知,用 PCR 建立的模型预测效果没有 PLS 模型的效果好。

表 4 PCR 和 PLS 定量模型预测效果比较

Tab. 4 Comparison of quantitative model prediction effect between PCR and PLS methods

山茶油掺杂	主因子数	校正集		预测集	
		$R_c$	RMSEC (%)	$R_p$	RMSEC (%)
偏最小二乘法 PLS(卷积平滑)	6	0.997	1.00	0.994	1.79
主成分回归法 PCR(卷积平滑)	8	0.985	2.56	0.976	3.60
橄榄油掺杂	主因子数	校正集		预测集	
		$R_c$	RMSEC (%)	$R_p$	RMSEC (%)
偏最小二乘法 PLS(卷积平滑)	5	0.994	1.61	0.989	3.05
主成分回归法 PCR(卷积平滑)	6	0.986	2.55	0.985	3.41

## 4 结 论

山茶油在国内外享誉盛名,有“东方橄榄油”之称,橄榄油在国外作为油中极品食用,这两种油都由于其高品质和昂贵价格遭到掺假者的追捧。本论文对两种纯品油掺假样品的拉曼光谱关联掺假体积比作了建模研究。首先采集了纯品山茶油和橄榄油的拉曼光谱,并对其进行分析,表明纯品油和掺假油光谱的特征峰和其对应的频率没有区别,而在强度值上有差异,所以只通过判断特征峰不能区分山茶油和橄榄油等食用油和掺假油。接下来,分别采集两类油的掺假拉曼光谱,通过比较两类油的掺假原始光谱,发现两类掺假油的原始光谱也很相似。对光谱数据与掺假体积比建立 PLS 模型则发现,在同等条件下山茶油掺假的预测效果优于橄榄油掺假的效果。结果还显示,对于两类掺假油数据,2 种不同预处理方法下的 PLS 建模效果均是 5 窗口平滑方法最佳,但是山茶油掺假建模的相关系数和均方根误差与橄榄油

掺假的有差异,山茶油掺假的预测集相关系数(0.994)小于橄榄油的(0.989),预测集均方根误差(1.79%)大于橄榄油的(3.05%)。实验结果显示,仅有掺杂花生油和葵花籽油的橄榄油组的预测效果比山茶油组好,其余均差于山茶油。说明山茶油掺假的体积比预测比橄榄油的要准确,在同等条件下,山茶油掺假的体积比变化更有规律,对山茶油掺假的拉曼光谱检测更可行,对应有更多防范掺假措施可以实施,所以在山茶油和橄榄油中可以选择同等品质的山茶油进行生产加工和销售食用,在掺假检测和防范问题上具有优势。

实验存在不足之处如下,在测拉曼光谱时,同一样品同一测量点的测量条件完全相同但其拉曼强度却有部分差异,预测模型稳定性不高,RMSEP 偏大,经过讨论分析原因可能是受到外界环境和检测时人工误差的影响,样品采集的光谱差异较大,拉曼的检测信号受到影响,拉曼光谱仪本身抗干扰能力弱。今后实验中可以提高光谱仪器的信噪比,增加采集次数,取平均,减少误差。

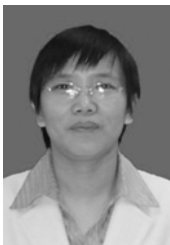
### 参考文献:

- [1] 钟旭美,张百刚,朱杰,等.我国油茶籽的综合利用[J].粮油食品科技,2007,15(2):34-36.

- ZHONG X M, ZHANG B G, ZHU J, *et al.*. The comprehensive utilization of camellia oleifera seed [J]. *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, 2007,15(2):34-36. (in Chinese)

- [2] 张咏,程瑶,闫雨桐,等. 几种常见食用油加热后荧光光谱特性变化的研究[J]. 激光技术, 2013, 37(1):109-113.  
ZHANG Y, CHENG Y, YAN Y T, *et al.*. Study on characteristics of fluorescent spectra of several kinds of heated common edible oil [J]. *Laser Technology*, 2013, 37(1):109-113. (in Chinese)
- [3] GOUVINHAS I, MACHADO N, CARVALHO T. Short wavelength Raman spectroscopy applied to the discrimination and characterization of three cultivars of extra virgin olive oils in different maturation stages[J]. *Talanta*, 2015, 132:829-835.
- [4] LI H ZH, ZHANG ZH J, HOU T Y. Optimization of ultrasound-assisted hexane extraction of perilla oil using response surface methodology[J]. *Industrial Crops and Products*, 2015, 76:18-24.
- [5] 原姣姣,王成章,陈虹霞. 不同品种油茶籽的含油率和脂肪酸组成分析研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(1):75-79.  
YAN J J, WANG CH ZH, CHEN H X, *et al.*. Oil content and fatty acid composition analysis of different camellia oleifera seeds [J]. *China Oils and Fats*, 2012, 37(1):75-79. (in Chinese)
- [6] 邓之银,张冰,董伟. 拉曼光谱和 MLS-SVR 的食用油脂脂肪酸含量预测研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2013(11):2997-3001.  
DENG ZH Y, ZHANG B, DONG W, *et al.*. Research on prediction method of fatty acid content in edible oil based on Raman spectroscopy and multi-output least squares support vector regression [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2013(11):2997-3001. (in Chinese)
- [7] 张东生,薛雅琳,金青哲. 油茶籽油中角鲨烯含量的测定[J]. 中国油脂, 2013, 38(11):85-88.  
ZHANG D S, XUE Y L, JIN Q Z, *et al.*. Determination of squalene in oil-tea camellia seed oil[J]. *China Oils and Fat*, 2013, 38(11):85-88. (in Chinese)
- [8] CHEN H, ANGIULI M, FERRARI C, *et al.*. Food Chemistry [J]. *Food Chemistry*, 2011, 125(4):1420-1423.
- [9] FLORES G, Ruiz del Castillo M L, Blanch G P, *et al.*. Food Chemistry [J]. *Food Chemistry*, 2006, 97(2):335-336.
- [10] GURDENIZ G, OZEN B. Food Chemistry [J]. *Food Chemistry*, 2009, 116(2):519.
- [11] GOREN A C. Essential oil composition of twenty-two *Stachys* species (mountain tea) and their biological activities [J]. *Phytochemistry Letters*, 2011, 4(4):448-453.
- [12] VAN RUTH S M. Authentication of feeding fats: Classification of animal fats, fish oils and recycled cooking oils [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2010, 155(1):65-73.
- [13] 施堂红,刘晓政,严晓丽. 不同加工工艺对山茶油中  $\alpha$ -维生素 E 含量的影响[J]. 中国油脂, 2014(5):19-22.  
SHI T H, LIU X ZH, YAN X L, *et al.*. Effects of different processes on the content of  $\alpha$ -vitamin E in oil-tea camellia seed oil [J]. *China Oils and Fat*, 2014(5):19-22. (in Chinese)

#### 作者简介:



刘燕德(1967—),女,江西泰和人,博士,教授,博士生导师,2006年于浙江大学获得博士学位,主要从事农产品智能无损检测技术研究。E-mail: jxliuyd@163.com