

# 饲用油脂品质初步调查分析

刘宏超<sup>1,2</sup>, 武英利<sup>3</sup>, 杨莹<sup>4</sup>, 郭丽丽<sup>5</sup>, 于勇<sup>6</sup>, 李俊<sup>1\*</sup>

- (1. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081;  
3. 河北省饲料监察所, 石家庄 050035; 4. 云南省兽药饲料检测所, 昆明 650021;  
5. 青海省兽药饲料监察所, 西宁 810000; 6. 北京智云达科技股份有限公司, 北京 100085)

**摘要: 目的** 以油脂中脂肪酸含量和极性成分为依据, 用气相色谱法和快速筛查试剂盒对饲料用油脂品质进行初步分析。**方法** 取自国内饲料企业的 280 份饲料用油脂样品, 包括猪油、鸭油、鸡油、大豆油、大豆磷脂油、玉米油、米糠油、棕榈油等动植物油脂和未知种类的油脂, 与自制或采购标准的动物油脂和植物油脂, 进行脂肪酸种类、含量和极性成分的测定, 对其品质作出初步判定。**结果** 脂肪酸分析结果证明, 动物油样品和植物油样品中的部分脂肪酸成分含量均发生不同程度的降低或增高; 极性成分检测的 83 个样品中, 其中标准值为 0.1, 极性成分吸光值在 0.147~0.947 的样品占 55 个, 阳性率达 66.26%。**结论** 未知类型样品超过半数不合格样品; 未知油脂样品脂肪酸组成不符合单一油脂比值范围, 推断可能为混合油脂。根据极性成分含量高低不同, 判断部分样品可能为复炸油。

**关键词:** 饲用油脂; 脂肪酸; 气相色谱法; 极性成分; 复炸油

## Investigation and analysis on the quality of feed oil

LIU Hong-Chao<sup>1,2</sup>, WU Ying-Li<sup>3</sup>, YANG Ying<sup>4</sup>, GUO Li-Li<sup>5</sup>, YU Yong<sup>6</sup>, LI Jun<sup>1\*</sup>

- (1. Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Institute of Crop Sciences of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Hebei Testing & Inspection Institute for Feedstuff, Shijiazhuang 050035, China; 4. Yunnan Testing & Inspection Institute for Veterinary Drugs & Feedstuff, Kunming 650021, China; 5. Qinghai Testing & Inspection Institute for Veterinary Drugs & Feedstuff, Xining 810000, China; 6. Beijing ZYD Sci & Tech Co. Ltd, Beijing 100085, China)

**ABSTRACT: Objective** Based on the fatty acid content and polar components in oils and fats, to analyze the quality of feed oils and fats by gas chromatography and rapid screening kit. **Methods** Total of 280 samples of animal and vegetable oils, including lard, duck oil, chicken oil, soybean oil, soybean phospholipid oil, corn oil, rice bran oil, palm oil, and some unknown oils were collected from domestic market. The kinds, content and polar components of fatty acids were determined by comparison with standard or self-made animal and vegetable oils, and their qualities were preliminarily determined. **Results** Fatty acid analysis results showed that the content of some fatty acids from both animal and vegetable oil samples decreased or increased to some extent. Among the 83 samples

**基金项目:** 现代农业产业技术体系北京市家禽创新团队项目(BAIC04-2019)、中国农业科学院创新工程项目(CAAS-ASTIP-2017-FRI-08)、国家重点研发计划项目(2018YFD0500600)、农产品供应重点环节关键因子风险分析评估与控制技术研究与应用(北京市科学技术委员会)

**Fund:** Supported by Modern Agriculture Industry Technology System of Beijing Poultry Innovation Team Project (BAIC04-2019), Chinese Academy of Agricultural Sciences Innovation Project (CAAS-ASTIP-2017-FRI-08), National Key Research and Development Program (2018 YFD0500600), Agricultural Products Supply Key Link Key Factor Risk Evaluation and Control Technology Research and Application ( Beijing Municipal Commission of Science and Technology)

\***通讯作者:** 李俊, 研究员, 主要研究方向为饲料加工与质量安全。E-mail: lijun08@caas.cn

\***Corresponding author:** LI Jun, Professor, Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China. E-mail: lijun08@caas.cn

tested for polar components, the standard value was 0.1, and 55 samples with the absorbance value between 0.147 and 0.947 had positive rate of 66.26%. **Conclusion** More than half of the samples of unknown type are unqualified samples. The composition of fatty acids in unknown oil samples does not conform to the single oil ratio range, so it is inferred that they may be mixed oils. According to the different content of polar components, some oil samples may be from used frying oil.

**KEY WORDS:** feed oil; fatty acid; gas chromatography; polar component; frying oil

## 1 引言

油脂是天然有机化合物, 包括脂肪(甘油三酯)和类脂(磷脂、甾醇和色素等等)。其中, 脂肪(甘油三酯)占动物油和植物油的 95%以上<sup>[1,2]</sup>。油脂最主要的成分是脂肪酸, 脂肪酸的组成和含量决定了油脂的营养价值。油脂亦是动物重要的能量和必需脂肪酸来源。饲料中添加油脂, 除了提供能量外, 还可提高饲料的营养利用率、改善适口性等饲料性能。油脂质量的优劣对饲料质量的影响很大。油脂在饲料中的添加量因饲料种类不同而不同。畜禽饲料中的油脂添加量一般为 1%~3%左右, 水产饲料的油脂添加量较高<sup>[3]</sup>。按饲料相关法规要求, 动物油脂属于单一原料, 需要省级饲料行政管理部门颁发生产许可证。植物油脂为一般食品级的油脂, 主要来源于有资质的油脂加工厂。然而, 鉴于油脂本身成分的多样性和加工工艺的不同, 导致油脂品质不一, 和价格相差悬殊。出于成本考虑, 饲料加工企业和养殖场户使用最广泛的饲用油脂为大豆油、棕榈油、猪油、鸡油、鸭油和鱼油等<sup>[4]</sup>。棕榈油与大豆油、菜籽油并称为“世界三大植物油”, 且中国已经成为全球第一大棕榈油进口国<sup>[5]</sup>。鱼油含有大量多不饱和脂肪酸, 如二十二碳六烯酸(ducosahexenoic acid, DHA)等营养成分的油脂, 但易导致鱼油被氧化; 同时因具有很大的腥味, 会影响饲料及畜产品的风味, 近两年使用较少。其他动物油如猪油、牛油、鸡油、鸭油, 一般都是经过简单的提炼、过滤后使用, 其中的可溶性杂质和细微的不溶性杂质仍然存在, 因而对其品质和保质期有着重要的影响。我国餐饮行业选择的植物油脂种类多为市面上常见的食用油品种, 与常用的饲用油脂种类基本一致, 因此, 对于是否以回收餐厨企业废弃的煎炸老油(地沟油)作为生产饲用油脂的原料难以分析检测。

由于餐饮企业中煎炸老油(复炸油)来源为食用动植物油, 煎炸是以油脂为传热介质, 使食物从表面到内部脱水和熟化相结合的过程<sup>[6]</sup>。但反复煎炸后, 油脂与空气中的氧气以及煎炸食物带入的水分相互作用, 发生热氧化、热聚合等反应, 产生一些含有酮基、羟基、过氧化氢基和羧基等官能团的极性化合物, 以及高分子聚合物等成分<sup>[7]</sup>。从感官上看, 煎炸老油颜色变深、粘稠度增大, 并产生一些不愉快的气味, 如“哈喇”味。此外, 废弃的油脂在运输和

储藏途中, 还容易受容器中重金属及环境中微生物污染, 存在安全风险<sup>[3]</sup>。

本研究通过对从全国各地采集的 280 批油脂样品从色泽、气味、脂肪酸种类和含量、极性物质的变化等方面进行分析比较, 以期对饲料用油的品质进行评价, 进而辨别样品油脂的种类, 为饲用油脂的品质提供依据。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料、试剂与设备

7890A 气相色谱仪、FID 检测器、HP-88 脂肪酸专用色谱柱(美国安捷伦公司)。

“地沟油”多参数综合快速筛查试剂盒(北京智云达科技股份有限公司); 37 种相对量脂肪酸甲酯混标(美国 Supelco 公司); 甲醇、正己烷[色谱纯, 赛默飞世尔科技(中国)]; 无水碳酸钾、氯乙酰(分析纯, 北京化工厂)。

取自全国饲料企业共 280 份饲用油脂, 按标识分为猪油 45 份、鸭油 42 份、鸡油 65 份、豆油 11 份、玉米油 5 份、米糠毛油 4 份、米糠油 16 份、大豆磷脂油 6 份和 86 份未知种类的油脂; 按照物理性状进行初步分类, 分为液体状、液固混合状和固体状。从感官上可发现大部分油脂为棕黄色和深褐色, 几乎都有不新鲜的味道, 即“哈喇”味。

### 2.2 实验用标准动物油的制备

猪油、牛油、鸡油、鸭油: 从不同农贸市场买来新鲜猪肥肉样品 15 份、牛板油样品 5 份、鸡腿脂肪组织样品 5 份和鸭腿脂肪组织样品 5 份, 切成小块, 放到玻璃烧杯中, 在万用电炉上小火加热熬炼。炼制后冷却后过滤, 转移到 50 mL 离心管中, 放在避光处保存备用。

### 2.3 实验用标准植物油的制备

大豆油、玉米油、米糠油和棕榈油: 超市购买某品牌的转基因大豆油样品玉米油样品和米糠油样品各 5 份、国家粮食和物资储备局科学研究院提供的棕榈油样品 1 份、某商城购买的棕榈油样品 1 份。

### 2.4 样品的预处理

除超市购买的大豆油不需要加热溶解外, 将所有的油脂样品放在 70 °C 水浴中加热使之溶解成液态, 随即取出用涡旋振荡器混匀, 再手摇 5 s。用一次性塑料滴管准确

吸取 40 mg(约 2 滴)油脂滴在 20 mL 厌氧管中。

## 2.5 脂肪酸测定方法

脂肪酸的检测,常见的有气相色谱法和气质联用法。因在准确性、分离度、灵敏度高,气相色谱法是应用最简单且广泛的方法<sup>[8]</sup>。具体方法参照 GB/5009.168-2016 中的乙酰氯-甲醇法:向装有样品的厌氧管中加入 5 mL 甲苯,振荡使之充分溶解,再加入 10%乙酰氯-甲醇溶液 6 mL,充氮气后旋紧螺旋盖,涡旋振荡 10 s,80 °C 水浴加热 2 h,期间手摇 2 次。取出后冷却至室温,加入 6%无水碳酸钠溶液 5 mL。取部分混合液转移到离心管,5000 r/min 离心 10 min,取上清液装到样品瓶中,用于气相色谱分析。气相色谱仪测定油脂中 99%以上的成分为脂肪,采用峰面积归一化法更能反映出实验结果的意义。按照归一化法,计算油脂中脂肪酸组成和含量。

## 2.6 气相色谱条件

HP-88 色谱柱(100 m×250 μm, 0.25 μm),载气为高纯氮气,柱流速 1.0 mL/min。进样口温度 250 °C,分流进样,分流比为 30:1;检测器温度 280 °C;检测气体:氢气:42 mL/min、空气 450 mL/min、尾吹氮气 30 mL/min。柱箱温度:120 °C,保持 1 min;以 15 °C/min 速率升到 180 °C,保持 10 min;以 3 °C/min 速率升到 210 °C,保持 8 min;以 5 °C/min 升到 230 °C,保持 10 min。进样量 1 μL。

## 2.7 极性成分分析

采用“地沟油”多参数综合快速筛查试剂盒进行筛查。检测原理:食用油在煎炸或高温加热条件下发生劣变,如热聚合、热氧化和水解反应,产生比正常脂肪酸分子极性大的物质。油样中极性组分的某种标志物与相应试剂反应显色,试剂的颜色与标志物的含量成正比,试剂的颜色与标志物的含量成正比,通过在特定波长下进行比色来观察极性物质含量的变化,若颜色超过临界值,则判定结果阳性,即样品可能存在复炸油成分。

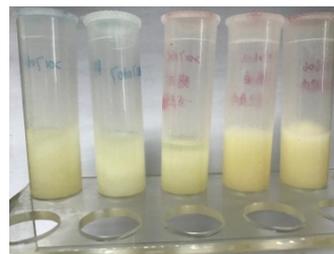
## 3 结果与分析

### 3.1 感观分析

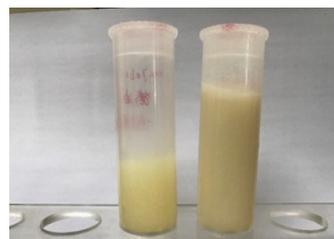
制备动物油样品:新鲜炼制成的猪油在凝固态时为白色,有光泽,细腻且呈软膏状;融化时呈现淡黄色,澄清透明,不含有沉淀物;具有猪油固有的气味及滋味和味道。牛油颜色与猪油相近,但质地较硬,呈蜡状。鸡油、鸭油颜色相近,均为明黄色,因脂肪所取部位不同,会呈现固态液态 2 种状态。随着放置时间过长或者在光照、高温、高湿、不通风的环境中储存,油中的不饱和脂肪酸会被氧化,颜色变深,出现难闻的“哈喇”味。储存时间越长,味道越大,油的颜色随之加深。如图 1A 显示左侧 3 个样品为刚炼制好的猪油,右侧 2 个样品为放置 1 年后的猪油样

品;图 1B 为放置 1 年后猪油与牛油外观颜色的对比;图 1C 为放置 2 年后的 3 种动物油脂样品。

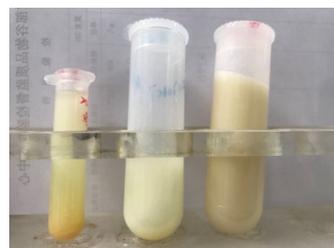
饲用植物油种类物理鉴别:油脂的种类一般参照国家标准的合格食用植物油的物理特征可进行初步判别<sup>[13-16]</sup>:如常见的植物油品种中,米糠油颜色较深,豆油次之,玉米油最浅。在常温和夏季,除棕榈油为固态之外,其余植物油均为液态。我国食用油质量等级按照精炼程度划分四个等级,一级食用植物油和二级食用植物油的精炼程度较高,经过了过滤、脱胶、碱炼、脱色、氢化、混合、脱臭、真空脱水等复杂程序<sup>[9]</sup>。精炼后的一、二级食用植物油中有害成分的含量较低,但营养成分会损失一些,如大豆油中的胡萝卜素在脱色过程中会流失。饲料用的植物油一般使用三、四级食用植物油,精炼程度较低,只经过简单脱胶、脱酸等程序,色泽较深,具有原料本身的浓香气味。由于精炼程度低,三、四级植物油中杂质的含量较高,但同时也保留了大部分的脂溶性维生素。



A



B



C

注:A:猪油;B:猪油和牛油;C:鸡油、猪油、牛油。

图1 不同动物油脂的外观

Fig.1 The appearance of different fat

从饲料企业收集到的油脂样品从外观看均为棕黄色,样品储存容器为饮料瓶和其他用途的塑料瓶。为便于观察样品外观,所有样品均加热混匀后取出倒入 50 mL 离心管

中, 如图 2D、图 2E、图 2F。

### 3.2 脂肪酸组成分析

#### 3.2.1 不同饲用油脂的脂肪酸组成

样品中的脂肪酸组成如表 1 和表 2 所示, 自制实验用标准动物油脂的脂肪酸组成见表 3<sup>[10,11]</sup>。

#### 3.2.2 脂肪酸分析结果

根据样品中脂肪酸种类和含量结果, 与食用植物油国家标准结合自制动物油脂脂肪酸结果(见表 3)进行对比<sup>[12]</sup>,

发现动物油和植物油样品中部分脂肪酸含量结果与标准中的脂肪酸结果不相符, 样品中饱和脂肪酸含量高超出标准范围, 不饱和脂肪酸结果低于标准脂肪酸范围。未知油脂样品的结果与标准油脂结果变化较大。如表 4, 动物油脂中硬脂酸的含量变化比较明显, 呈上升趋势; 植物油中的亚油酸呈明显下降趋势。这些结果可能是, 单不饱和脂肪酸较不稳定, 容易受环境因素影响而发生氧化变成饱和脂肪酸或其他聚合物。



注: D: 植物油; E: 动物油; F: 未知油脂样品。

图 2 不同植物油脂的外观

Fig. 2 Appearance of different oil

表 1 未知样品中脂肪酸组成(%)

Table 1 Fatty acid composition in unknown samples(%)

脂肪酸组成	肉豆蔻酸	棕榈酸	棕榈油酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
液态油	0.47~1.17	16.97~22.38	2.54~6.95	4.63~6.58	36.63~40.24	18.99~31.09	1.14~2.43
固液混合物	0.35~1.00	11.63~18.13	1.19~3.54	21.69~27.28	45.43~57.15	10.62~15.70	0.44~0.82
固态油	1.02~1.75	20.67~31.35	1.12~2.52	8.45~20.04	31.94~41.87	11.60~24.17	0.53~1.89

表 2 已知样品中脂肪酸组成(%)

Table 2 Fatty acid composition in samples(%)

脂肪酸组成	肉豆蔻酸	棕榈酸	棕榈油酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
猪油	1.01~1.31	18.99~24.91	1.39~3.13	10.28~13.75	31.67~38.57	15.54~20.69	0.71~1.25
牛油	0.21~0.40	23.08~25.79	1.96~2.85	27.96~30.53	20.14~26.69	1.23~2.14	0.35~0.47
鸡油	0.46~1.02	20.55~32.01	1.31~5.26	4.91~8.96	34.06~40.60	20.15~28.29	1.15~1.86
鸭油	0.63~1.01	21.52~24.85	2.33~5.76	6.12~10.74	37.06~39.25	18.50~26.84	0.83~1.45
豆油	0~0.08	10.19~10.48	0.09~0.11	3.67~4.02	20.07~23.03	54.36~55.38	6.34~8.48
大豆磷脂油	0.09~0.16	13.70~16.39	0.00~0.15	2.45~3.91	11.65~26.26	48.39~57.44	4.72~9.78
米糠油	0.00~0.29	13.47~18.75	0.00~0.23	1.31~3.05	24.61~38.59	37.43~58.22	0.96~2.83
米糠毛油	0.23~0.31	15.56~17.16	0.00~0.30	2.34~3.18	31.29~35.25	38.24~41.44	1.63~2.93
玉米油	0	11.94~12.24	0.1~0.11	1.46~1.61	23.72~25.28	59.41~61.08	1.00~1.08
棕榈油	0.7~0.99	45.86~48.16	0.20~0.28	3.84~4.54	35.62~42.34	14.63~15.17	0.88~1.03

表 3 自制实验用标准动物油脂的脂肪酸组成(%)

Table 3 Animals fat standard composition (%)

脂肪酸组成	肉豆蔻酸	棕榈酸	棕榈油酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	亚麻酸
猪油	0.99~1.81	21.02~28.88	1.09~3.07	9.57~21.83	29.42~42.85	10.11~18.31	0.72~1.36
牛油	3.08~5.79	27.96~30.53	1.42~2.00	20.14~26.69	19.52~24.16	2.01~3.11	0.59~0.76
鸡油	0.52~1.20	24.96~27.32	2.65~6.14	3.92~5.04	38.33~45.02	10.91~14.73	0.60~0.68
鸭油	0.48~0.55	21.57~24.98	3.13~5.46	3.70~4.63	37.08~46.39	15.16~16.65	0.61~0.70

表 4 样品与标品硬脂酸、油酸含量对比(%)  
Table 4 Comparison of stearic acid and linoleic content between samples and standard samples(%)

油脂名称	样品中硬脂酸含量	标准中硬脂酸含量	样品中油酸含量	标准品中油酸含量
猪油	10.28~13.75	9.57~21.83	31.67~38.57	29.42~42.85
牛油	27.96~30.53	20.14~26.69	20.14~26.69	19.52~24.16
鸡油	4.91~8.96	3.92~5.04	34.06~40.60	38.33~45.02
鸭油	6.12~10.14	3.70~4.63	37.06~39.25	37.08~46.39
米糠油	1.31~3.05	1.0~3.0	24.61~38.59	40.0~50.0
大豆油	3.67~4.02	2~5.4	20.07~23.03	17.0~30.0
玉米油	1.46~1.61	≤3.3	23.72~25.28	20.0~42.2



G



H

注: G: 左侧比色皿为样品, 右侧比色皿为参照标准品; H: 部分样品显色结果。

图 3 部分油脂中极性物质筛查结果

Fig.3 Screening results for polar substances in oil and fat samples

### 3.2.3 极性物质筛查结果

“地沟油”多参数综合快速筛查试剂盒检测是通过实验检测“极性标志物”判断油样是否为复炸油。以吸光值作为判断依据, 根据样品吸光值的高低判断是否为复炸油, 定性用参比吸光值为 0.100, 结果高于 0.100 判定为阳性, 低于 0.100 判定为阴性。新鲜纯净的单一成分油脂吸光值大都小于 0.010, 调和油的吸光值普遍高于单一成分油脂。但此方法的局限性是不能对深色油脂进行准确的定性, 会出现假阳性的结果。

选择其中 83 个油脂样品进行极性物质检测, 其中 55 个油脂样品吸光值在 0.147~0.947 之间, 检测结果为阳性, 阳性检出率为 66.26%, 因此判定阳性检出样品可能为复炸油(图 3)。

## 4 结论

结果表明, 在收集到的饲用油脂样品中, 未知油脂种类的油脂品质出现的问题较为明显。油脂是一种复杂且很容易发生氧化变质的物质, 因此样品的科学包装与储存显得尤为重要。从全国收集到的样品外观和包装上看, 样品在采集和保存过程中存在不规范, 使用了未做灭菌处理的容器盛装样品, 且储存环境未严格做到避光、低温、隔绝空气处理。微生物的存在和高温、光照以及空气中氧气会加速油脂氧化变质, 尤其会加速不稳定脂肪酸如多不饱和脂肪酸的迅速氧化, 导致含量降低。因此, 我们也呼吁饲

料企业和油脂企业重视和完善油脂的运输与储藏环节, 保证油脂的质量安全。

针对未知种类的样品结果与标准油脂对照发现, 各项脂肪酸含量范围相差较多, 除上述因素导致结果出现偏差之外, 另一种可能性就是样品不属于单一油脂, 为混合油脂。气相色谱法只能对样品的脂肪酸进行定性定量分析, 无法分析混合油脂中的样品类型和含量, 因此, 针对疑似混合油脂的样品, 我们还需要进一步借助其他仪器和方法进行综合分析。综上, 从上述数据和结果分析来看, 所采用油脂样品的新鲜度、脂肪酸组成、极性物质与标准样品比较差别较大, 说明所采样品新鲜度存在一定问题。从极性物质检测结果来看所检测 83 批样品中有 66.26% 的样品可能混有复炸油成分。通过观察样品色泽和口味的变化、分析样品脂肪酸和极性物质的变化来判别油脂的品质和新鲜度。

### 参考文献

- [1] Rui H, Ting H, Zhao WZ, *et al.* Safety analysis of edible oil products via Raman spectroscopy [J]. *Talanta*, 2019, (191): 324-332.
- [2] 王同珍, 陈孝建, 安爱, 等. 气相色谱-质谱技术结合化学计量学对 5 种动物油进行判别分析[J]. *分析测试学报*, 2016, (5): 557-562.  
Wang TZ, Chen XJ, An A, *et al.* Discriminant analysis of five animal oils by gas chromatography-mass spectrometry combined with chemometrics [J]. *J Instrum Anal*, 2016, (5): 557-562.
- [3] 仇海瑞, 薛敏, 李军国, 等. 我国饲料用混合油脂潜在安全隐患分析 [J]. *饲料工业*, 2011, (12): 61-64.

- Qiu HY, Xue M, Li JG, *et al.* Potential safety hazard analysis of mixed oil for feed in China [J]. *Feed Ind*, 2011, (12): 61–64.
- [4] 管武太. 油脂在母猪饲料中的应用研究进展[J]. *动物营养学报*, 2014, (10): 3071–3081.
- Guan WT. Research progress of fat application in sow diet [J]. *J Anim Nutr*, 2014, (10): 3071–3081.
- [5] 刘东风. 棕榈油中脂肪酸组成的气相色谱-质谱分析[J]. *福建轻纺*, 2018, (1): 47–50.
- Liu DF. Analysis of fatty acid composition in palm oil by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Fujian Textile*, 2018, (1): 47–50.
- [6] 黄朦倩, 陈欢, 万重, 等. 大豆油煎炸过程中极性组分和非极性组分中脂肪酸组成的研究[J]. *中国油脂*, 2018, (9): 23–29.
- Huang MQ, Chen H, Wan Z, *et al.* Fatty acid composition in polar and non-polar components of soybean oil during frying [J]. *China Oils Fats*, 2018, (9): 23–29.
- [7] 吴卫国, 刘真知, 彭思敏, 等. 基于特征脂肪酸及脂肪酸比值的食用植物油掺假判别[J]. *食品科学*, 2013, (16): 270–273.
- Wu WG, Liu ZZ, Peng SM, *et al.* Identification of adulteration of edible vegetable oil based on the ratio of characteristic fatty acids to fatty acids [J]. *Food Sci*, 2013, (16): 270–273.
- [8] 梁晓涵, 陈瑞霞, 王丹. 食用油脂中 37 种脂肪酸和 16 种反式脂肪酸的气相色谱分离及测定[J]. *热带农业科学*, 2018, (9): 82–89.
- Liang XH, Chen RX, Wang D. Separation and determination of 37 fatty acids and 16 trans fatty acids in edible oils and fats by gas chromatography [J]. *Chin J Tropical Agric*, 2018, 38(9): 82–89.
- [9] 王松霞. 大豆油脂浸出和精炼工艺研究[J]. *粮食科技与经济*, 2018, 7(43): 81–83.
- Wang SX. Soybean oil extraction and refining technology [J]. *Food Sci Technol Econ* [J]. 2018, 7(43): 81–83.
- [10] 陈卫强, 严家俊. 气相色谱法测定五种食用植物油中的饱和脂肪酸[J]. *广东化工*, 2016, (5): 165–166.
- Chen WQ, Yan JJ. Determination of saturated fatty acids in five edible vegetable oils by gas chromatography [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2016, (5): 165–166.
- [11] 井银成, 范璐, 杨国龙, 等. 基于脂肪酸分析识别猪油和鸡油[J]. *河南工业大学学报*, 2011, (6): 40–44.
- Jing YC, Fan L, Yang GL, *et al.* Identification of lard and chicken oil based on fatty acid analysis [J]. *J Henan Univ Technol*, 2011, (6): 40–44.
- [12] 李静, 王永, 杨耀东, 等. 棕榈油与常见食用油脂脂肪酸组分的比较分析[J]. *南方农业学报*, 2016, (12): 2124–2128.
- Li J, Wang Y, Yang YD, *et al.* Comparative analysis of fatty acids in palm oil and common edible oils [J]. *Southern J Agric*, 2016, (12): 2124–2128.
- [13] GB 19112-2003 中华人民共和国国家标准 米糠油[S].  
GB 19112-2003 National standard of the People's Republic of China-Rice bran oil [S].
- [14] GB 15680-2009 中华人民共和国国家标准 棕榈油[S].  
GB 15680-2009 National standard of the People's Republic of China-Palm oil [S].
- [15] GB 19111-2017 中华人民共和国国家标准 玉米油[S].  
GB 19111-2017 National standard of the People's Republic of China-Corn oil [S].
- [16] GB 1535-2017 中华人民共和国国家标准 大豆油[S].  
GB 1535-2017 National standard of the People's Republic of China-Soybean oil [S].

(责任编辑: 武英华)

## 作者简介



刘宏超, 硕士研究生, 主要研究方向为食品加工与安全。

E-mail: beautifulxh@139.com



李俊, 研究员, 主要研究方向为饲料加工与质量安全。

E-mail: lijun08@caas.cn