

# 油茶蒲醇提纯化物的组分鉴别及对油脂的抗氧化作用

董熠辉<sup>1</sup>, 吴苏喜<sup>1,2</sup>, 李彪<sup>1</sup>, 李普选<sup>2</sup>

(1. 长沙理工大学食品与生物工程学院, 长沙 410114; 2. 郑州远洋油脂工程技术有限公司, 郑州 450000)

**摘要:**利用 S-8 大孔树脂对油茶蒲醇提取物进行纯化, 再采用 HPLC 对油茶蒲醇提纯化物(POSE)中的功能组分进行鉴定, 然后研究油茶蒲醇提纯化物对 3 种不同类型植物油的抗氧化作用, 并与 TBHQ 进行对照。结果表明:油茶蒲醇提取物经过 S-8 大孔树脂纯化后, 总黄酮含量由 22.41% 提高到 66.86%, 总黄酮回收率达 89.14%, 总黄酮得率达 4.68%; 油茶蒲醇提纯化物中初步鉴定出 5 种功能成分, 其中没食子酸含量为 18.83 mg/g, 儿茶素含量为 26.12 mg/g, 表儿茶素含量为 27.64 mg/g, 芦丁含量为 16.13 mg/g, 槲皮素含量为 0.52 mg/g; 油茶蒲醇提纯化物能有效抑制油脂的氧化酸败, 与对油茶籽油和菜籽油的抗氧化作用相比, 油茶蒲醇提纯化物对富含高不饱和脂肪酸的核桃油抗氧化作用较好。因此, 油茶蒲醇提纯化物具有作为高不饱和脂肪酸型油脂的抗氧化剂开发的潜力。

**关键词:**油茶蒲; 醇提取物; 黄酮; 抗氧化剂; 核桃油; 油茶籽油; 菜籽油

中图分类号: TQ645.9; TS202.3 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2022)03-0128-05

## Component identification and antioxidant effects on edible oils of purified ethanol extract of *Camellia oleifera* fruit hull

DONG Yihui<sup>1</sup>, WU Suxi<sup>1,2</sup>, LI Biao<sup>1</sup>, LI Puxuan<sup>2</sup>

(1. School of Food and Biological Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410114, China; 2. Zhengzhou Yuanyang Oil & Fat Engineering Technology Co., Ltd., Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** The S-8 macroporous resin was used to purify the ethanol extract of *Camellia oleifera* fruit hull. The functional components of purified *Camellia oleifera* fruit hull extract(POSE) were identified by HPLC. Then the antioxidant effect of POSE on different types of vegetable oils was studied and compared with TBHQ. The results showed that the total flavonoid content of *Camellia oleifera* fruit hull extract increased from 22.41% to 66.86% after the purification by S-8 macroporous resin, and the recovery rate and the yield of total flavonoids reached 89.14% and 4.68%, respectively. POSE had five functional components including gallic acid 18.83 mg/g, catechin 26.12 mg/g, epicatechin 27.64 mg/g, rutin 16.13 mg/g and quercetin 0.52 mg/g. POSE could effectively inhibit the oxidative rancidity of oils. Compared with the antioxidant effects on oil-tea camellia seed oil and rapeseed oil, POSE had better antioxidant effect on walnut oil rich in polyunsaturated fatty acids. Therefore, as a natural plant product, POSE has the potential to be developed as an antioxidant of oils with high unsaturated fatty acids.

**Key words:** *Camellia oleifera* fruit hull; ethanol extract; flavonoids; antioxidant; walnut oil; oil-tea camellia seed oil; rapeseed oil

收稿日期: 2021-08-01; 修回日期: 2021-10-29

基金项目: 长沙理工大学 2020 年度“双一流”建设项目(09/05); 郑州市第三批“智汇郑州·1125 聚才计划”创新领军人才项目(郑政 2018-45 号)

作者简介: 董熠辉(1997), 男, 硕士研究生, 研究方向为油茶加工利用(E-mail) 1335775393@qq.com。

通信作者: 吴苏喜, 教授, 博士(E-mail) wsx6524@163.com。

目前, 生产企业为预防油脂酸败、延长产品货架期, 常在油脂产品中添加化学合成抗氧化剂, 而化学合成抗氧化剂有一定的安全隐患<sup>[1-2]</sup>。从天然植物资源中寻求高效无害的天然抗氧化剂是近年来油脂科研人员所追求的研究方向之一。

油茶蒲(也叫油茶果壳)是油茶产业的主要副

产物,占油茶果的2/3,年产量达200多万t<sup>[3]</sup>。油茶蒲含有多种天然的抗氧化活性成分,如黄酮<sup>[4]</sup>、多酚<sup>[5]</sup>、皂苷<sup>[6]</sup>等,近年来其已成为科研人员研究开发天然抗氧化剂的重要资源<sup>[7]</sup>。然而,目前人们只是研究了油茶蒲提取物对DPPH自由基的清除能力、对Fe<sup>2+</sup>的螯合能力和总还原力等<sup>[8]</sup>,而在油脂工业生产和实际生活中并未得到合理利用。本试验在前期研究油茶蒲黄酮提取工艺及其抗氧化活性<sup>[9]</sup>的基础上,研究油茶蒲醇提物对于常见的几种不同类型食用油的抗氧化作用,以期对提高油茶副产物综合利用率、开发出油茶蒲基天然抗氧化剂提供指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

油茶蒲,由湖南省康多利油脂有限公司提供的油茶鲜果经阴干、裂果、烘干而得;菜籽油和核桃油,采用ZYJ-9018榨油机的清香模式压榨制得,分别符合菜籽油和核桃油的国标一级标准;油茶籽油(国标一级),由湖南殷理基油脂有限公司提供。

S-8大孔树脂,天津浩聚树脂科技有限公司;没食子酸、芦丁、槲皮素、儿茶素、表儿茶素5种标准品(纯度≥98%),中国医药上海化学试剂公司;TBHQ(食品级),翁源广业清怡食品科技有限公司;甲醇、乙腈,均为色谱纯;无水乙醇、石油醚、三氯化铁、氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸铝等,均为分析纯。

岛津LC-20AT高效液相色谱仪;ZYJ-9018榨油机,德国贝尔斯顿;TDL-36C离心机;ACO电磁式空气泵;UV 5200型紫外可见分光光度计。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 油茶蒲醇提物的制备

称取2g左右过0.18mm(80目)筛的油茶蒲粉末( $W_0$ )于锥形瓶,按照料液比1:20加入60%乙醇溶液,在60℃下以240W超声功率辅助浸提40min,趁热抽滤,于50℃下旋蒸浓缩到适当程度,将浓缩液冷冻干燥,得到油茶蒲醇提物,称重( $W_1$ ),备存。

#### 1.2.2 油茶蒲醇提物的纯化

用S-8大孔树脂,按照文献<sup>[10]</sup>的方法进行预处理和装柱;将油茶蒲醇提物配制成4mg/mL溶液,过柱<sup>[11]</sup>,然后用60%乙醇洗脱,收集洗脱液,旋蒸浓缩,将浓缩液冷冻干燥,得到油茶蒲醇提纯化物(简称POSE),称重( $W_2$ ),备用。

#### 1.2.3 样品总黄酮含量的测定

##### 1.2.3.1 芦丁标准曲线的制作

参考吴苏喜等<sup>[9]</sup>的方法,以乙醇为溶剂配制306μg/mL芦丁原液。分别准确移取0、0.5、1.0、

1.5、2.0、2.5、3.0mL芦丁原液于10mL比色管中,加入0.3mL5%NaNO<sub>2</sub>溶液,静置6min后,加入0.3mL10%Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>溶液,静置6min,再加入4.0mL4%NaOH溶液,摇匀,用水定容至10mL,静置15min;用紫外可见分光光度计于510nm波长处测定其吸光度,以蒸馏水为空白调零。以芦丁质量浓度( $X$ )为横坐标,吸光度( $Y$ )为纵坐标,绘制标准曲线,得到回归方程为 $Y=0.0011X+0.0034$ , $R^2=0.9996$ 。

##### 1.2.3.2 样品中总黄酮的提取

实验室前期研究<sup>[9]</sup>发现60%丙酮溶液对于油茶蒲黄酮的提取具有显著优势,故用60%丙酮溶液为溶剂。取0.1g左右待测样(油茶蒲、其醇提物粗样或醇提纯化物, $M_i$ ),在料液比1:50、温度60℃、超声功率240W条件下辅助浸提40min,趁热抽滤、洗涤,汇集滤液和洗涤液,用60%丙酮定容至一定体积( $V_i$ ),得到相应样品的黄酮测试液。

##### 1.2.3.3 总黄酮含量的测定

取1.0mL黄酮测试液置于10mL比色管内,按1.2.3.1操作,测定吸光度( $A_i$ ),根据回归方程计算测试液中的总黄酮质量浓度( $C_i$ ),再根据稀释倍数计算测试固样中总黄酮含量、质量、回收率和得率。

$$Q_i = \frac{C_i \times V_i}{M_i} \times 10^{-6} \times 100\% \quad (1)$$

$$P_i = Q_i \times W_i \quad (2)$$

$$N_i = \frac{P_i}{P_{i-1}} \times 100\% \quad (3)$$

$$R_i = \frac{P_i}{W_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中: $Q_i$ 为样品的总黄酮含量; $C_i$ 为样液中总黄酮质量浓度,μg/mL; $V_i$ 为样液总体积,mL; $M_i$ 为样品质量,g; $P_i$ 为样品中的总黄酮质量,g; $W_i$ 为样品总质量,g; $N_i$ 为制备过程中样品的总黄酮回收率; $R_i$ 为制备过程中样品的总黄酮得率( $i$ 可取0,1,2, $i=0$ 时为油茶蒲原料, $i=1$ 时为油茶蒲醇提物粗品, $i=2$ 时为POSE)。

#### 1.2.4 HPLC法测定POSE中抗氧化成分含量

##### 1.2.4.1 绘制标准工作曲线

分别称取没食子酸、槲皮素、儿茶素、表儿茶素和芦丁标准品10mg,用甲醇定容至10mL,配制成1mg/mL的标准储备液;各取1mL标准储备液,混合,用甲醇定容至10mL,配制成100μg/mL的混标工作液;再稀释成质量浓度分别为1、5、10、20、100μg/mL的混标测试液,过0.45μm滤膜,进行HPLC检测。以质量浓度为横坐标、峰面积为纵坐标,绘制标准工作曲线。

### 1.2.4.2 样品测定

取 POSE 测试液,过 0.45  $\mu\text{m}$  滤膜,进行 HPLC 检测。根据峰面积和标准工作曲线计算 POSE 中抗氧化成分含量。

### 1.2.4.3 HPLC 分析条件

C18 色谱柱(250 mm  $\times$  4.60 mm,5  $\mu\text{m}$ );柱温 40  $^{\circ}\text{C}$ ;进样量 10  $\mu\text{L}$ ;流速 1.0 mL/min;紫外检测器,波长 254 nm;流动相 A 为乙腈,流动相 B 为纯水;梯度洗脱程序为 0~5 min 20% A,5~15 min 20%~85% A,15~19 min 85% A,19~19.01 min 85%~20% A,19.01~27 min 20% A。

### 1.2.5 POSE 对食用油氧化稳定性的影响

称取 6 份 100 g 油样,分别置于 1~6 号 250 mL 锥形瓶中。按照 0.00%、0.01%、0.05%、0.10%、0.20% 添加量向 1~5 号瓶中添加 POSE,向 6 号瓶中添加 0.01% TBHQ 作为阳性对照,超声混合均匀。然后,将锥形瓶放入恒温干燥箱中,通过干燥箱的排气孔插入玻璃导气管,该导气管上端依次与气体流量计和电磁式空气泵相连,下端插入锥形瓶底部。将干燥箱温度设定为 97.8  $^{\circ}\text{C}$ (参考 AOM 法)<sup>[12]</sup>,开动空气泵,以 3 mL/s 流速向锥形瓶通入空气。从第 12 h 开始(核桃油从 0 h 开始),每隔 3 h 测定油脂的酸值(参照 GB 5009.229—2016),取 3 次测定的平均值。

### 1.2.6 数据分析

采用 SPSS 17.0 和 Origin 2018C 系统进行数据处理和分析。

表 2 POSE 的活性成分含量

					mg/g
没食子酸	儿茶素	表儿茶素	芦丁	槲皮素	总和
18.83 $\pm$ 0.02	26.12 $\pm$ 0.12	27.64 $\pm$ 0.03	16.13 $\pm$ 0.01	0.52 $\pm$ 0.01	89.24 $\pm$ 0.16

由表 2 可知,POSE 中鉴定出没食子酸 18.83 mg/g、儿茶素 26.12 mg/g、表儿茶素 27.64 mg/g、芦丁 16.13 mg/g、槲皮素 0.52 mg/g。可见,POSE 中富含表儿茶素、儿茶素、芦丁等多种黄酮类物质以及没食子酸(其他成分可能为山奈昔<sup>[13]</sup>、鞣花酸<sup>[14]</sup>、花青素<sup>[15]</sup>等)。黄酮类化合物具有优良的抗氧化活性及多种药理和保健性能<sup>[16]</sup>,没食子酸对于食用油的抗氧化具有增效作用<sup>[17]</sup>。因此,POSE 具有作为天然植物抗氧化剂开发使用的潜在价值。

### 2.3 POSE 对不同类型油脂的抗氧化作用

#### 2.3.1 不同剂量 POSE 对油茶籽油酸值的影响(见图 1)

从图 1 可知,空白油茶籽油和添加 0.01% POSE 的油茶籽油酸值的突增临界点为加热 18 h,添加 0.05%、0.10% 和 0.20% POSE 的油茶籽油酸

## 2 结果与分析

### 2.1 油茶蒲原料的总黄酮含量与纯化过程中的总黄酮回收率及得率

油茶蒲基各样品的总黄酮含量与提取纯化过程中总黄酮回收率及得率见表 1。

表 1 油茶蒲基样品的总黄酮含量、回收率和得率

项目	原料油茶蒲	油茶蒲醇提物	POSE
质量/g	2.00 $\pm$ 0.10	0.46 $\pm$ 0.02	0.14 $\pm$ 0.02
总黄酮含量/%	7.04 $\pm$ 0.42	22.41 $\pm$ 1.24	66.86 $\pm$ 0.86
总黄酮质量/g	0.14 $\pm$ 0.01	0.11 $\pm$ 0.01	0.09 $\pm$ 0.01
总黄酮回收率/%	-	74.57 $\pm$ 0.06	89.14 $\pm$ 0.07
总黄酮得率/%	-	5.25 $\pm$ 0.43	4.68 $\pm$ 0.31

从表 1 可知:2 g 原料油茶蒲以 60% 乙醇提取,可获得 0.46 g 油茶蒲醇提物,该醇提物通过 S-8 大孔树脂纯化,可得 0.14 g POSE;原料油茶蒲总黄酮含量为 7.04%,其醇提物中总黄酮含量为 22.41%,经过纯化后,总黄酮含量提高到 66.86%;醇提可使总黄酮回收率达 74.57%,纯化可使总黄酮回收率达 89.14%;相对油茶蒲原料而言,经过醇提的总黄酮得率达 5.25%,再经过纯化处理后总黄酮得率为 4.68%。说明醇提和纯化处理可以有效地获得油茶蒲原料中的黄酮。

### 2.2 POSE 中功能活性成分的鉴定

选用植物皮壳中最常见的 5 种生物活性成分为标样,采用 HPLC 法对 POSE 中的功能活性成分进行定性定量分析,结果见表 2。

值突增临界点推迟到 30 h,说明 POSE 的添加对于油茶籽油酸值的生长具有剂量正相关的抑制作用。加热 39 h 内 0.20% POSE 与 0.01% TBHQ 对油茶籽油酸值增长的抑制作用相当。

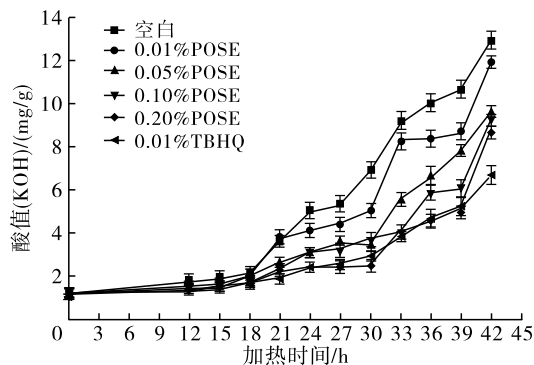


图 1 POSE 对油茶籽油酸值的影响

### 2.3.2 不同剂量 POSE 对菜籽油酸值的影响(见图2)

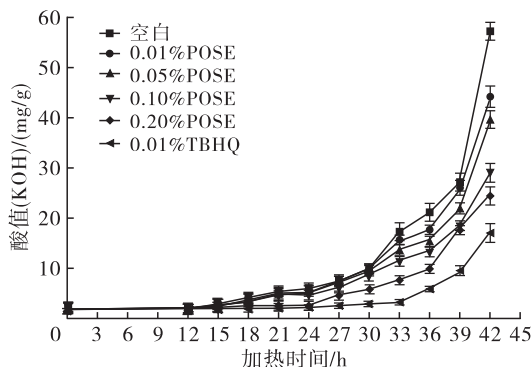


图2 POSE对菜籽油酸值的影响

从图2可知,POSE对菜籽油酸值的抑制能力具有一定的剂量依赖性。空白菜籽油和添加0.01%、0.05%和0.10% POSE的菜籽油酸值突增临界点为加热15 h,添加0.20% POSE的菜籽油酸值突增临界点推迟到24 h,而添加0.01% TBHQ的菜籽油酸值突增临界点达到33 h。这说明POSE对于菜籽油有一定的抗氧化效果,但与TBHQ存在一定差距。

### 2.3.3 不同剂量 POSE 对核桃油酸值的影响(见图3)

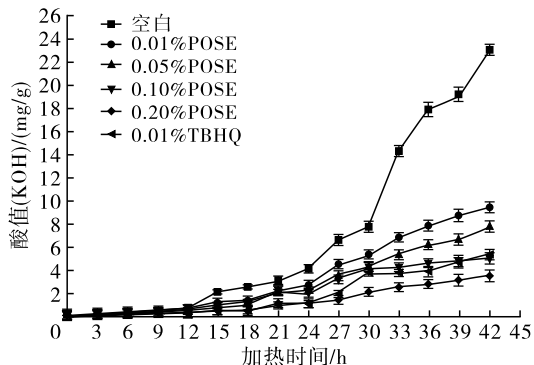


图3 POSE对核桃油酸值的影响

从图3可知,POSE对核桃油酸值的增长抑制作用很强,具有剂量正相关的抑制作用。空白核桃油的酸值突增临界点是加热12 h,添加0.01%、0.05%、0.10%和0.20% POSE的核桃油酸值均缓慢平稳增长,直到加热24 h后才出现突增迹象。在加热24 h后,添加0.20% POSE的核桃油酸值明显低于添加0.01% TBHQ的核桃油;加热30 h后,添加0.10% POSE与添加0.01% TBHQ对核桃油酸值抑制能力相当。

### 2.3.4 讨论

试验发现,要达到与添加0.01% TBHQ相当的抗氧化效果,油茶籽油、菜籽油和核桃油中分别需要添加0.20%、0.20%以上和0.10%~0.20%的

POSE,说明核桃油对POSE的敏感度最高。

POSE在油脂中主要起到两方面的抗氧化作用:一是POSE中富含酚羟基的黄酮类物质具有清除自由基的能力<sup>[18]</sup>,从而阻断了油脂的自动氧化进程;二是POSE中的黄酮类、有机酸等活性成分易于螯合金属离子<sup>[11,19-20]</sup>,生成金属盐,使油脂中的金属离子钝化,不能引发自由基链反应。由此可见,相较于油茶籽油与菜籽油,POSE对核桃油表现出更加优良抗氧化作用的原因可能是在油脂制备过程中,有部分金属离子进入油脂中,核桃油富含多不饱和脂肪酸(70%以上<sup>[21]</sup>),极易受金属离子催化氧化,而POSE中的功能性活性成分对于金属离子具有很强的螯合能力<sup>[11,20]</sup>,从而提高了核桃油的抗氧化活性。

### 3 结论

经过S-8大孔树脂纯化,POSE的总黄酮含量由纯化前的22.41%提高到66.86%;从POSE中初步鉴定出5种活性成分,分别为没食子酸、儿茶素、表儿茶素、芦丁、槲皮素,其他组分有待进一步鉴定;POSE对多不饱和脂肪酸含量高的核桃油具有较好的抗氧化作用,且对于植物油的抗氧化作用与植物油中多不饱和脂肪酸含量存在一定正相关性,这对于高不饱和脂肪酸型油脂的天然抗氧化剂开发具有一定的指导意义。

### 参考文献:

- [1] 王兴国. 油脂化学[M]. 北京:科学出版社, 2012.
- [2] 睦红卫. 天然抗氧化剂的开发研究与应用前景[J]. 武汉商业服务学院学报, 2006(3): 82-84.
- [3] 姜泽放, 林敏, 李雪, 等. 油茶蒲主要提取物及其生物活性研究进展[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2018, 31(10): 55-59.
- [4] 沈建福, 姜天甲, 王徐卿. 油茶壳中总黄酮的最佳提取工艺研究[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(3): 104-106.
- [5] 郭会琴, 熊晶晶, 颜流水, 等. 高效液相色谱-质谱法测定油茶果壳中5种多酚类化合物的含量[J]. 理化检验(化学分册), 2015, 51(11): 1493-1496.
- [6] 吕晓玲, 邱松山, 孙晓侠, 等. 油茶总皂苷的抗氧化及清除自由基能力初步研究[J]. 食品科学, 2005, 26(11): 86-90.
- [7] 林生深, 张晋, 张红, 等. 从油茶果壳中提取天然抗氧化剂的研究[J]. 广东工业大学学报, 1997, 14(2): 43-48.
- [8] 姜天甲, 应铁进, 陈秋平, 等. 油茶籽壳总黄酮的提取及抗氧化研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(1): 93-99.
- [9] 吴苏喜, 吴美芳, 谢妍祎, 等. 油茶蒲不同溶剂粗提液的总黄酮提取率与抗氧化活性比较[J]. 中国油脂, 2019, 44(6): 116-119, 123.

(下转第152页)

随着温度的升高而降低幅度减小,然后趋于稳定。最适合花生出油的温度为 75 ℃。产生的原因是:温度升高能够加剧花生细胞的破坏,在挤压过程中有更多的油液析出,花生出油量逐渐增大;但在温度过高且逐渐升高时,花生受热失去水分,细胞之间的混合液胶着化,即使花生受到的挤压力较大油液也难以析出;在温度达到 150 ℃ 时花生已经完全变硬且变“熟”,整体变黄,此时基本无油液产生。

### 3 结 论

利用原位观测组合质构仪测试的方式,对单颗粒半粒花生进行不同影响因素下的挤压实验,结果表明:压距等量增长时,花生的峰值力以类线性的方式增大,出油量则以类似指数函数的趋势增长。压距较小时,花生变形量较小,基本不发生损伤,花生会产生些许裂纹,压距越大,花生变形量越大,产生的裂纹和内部的损伤也会增多,最终呈现满布裂纹的花生饼;压速增加对花生的出油量有着抑制作用,压速较小时,出油量的变化率不大;随着保压时间延长,出油量以对数函数的增长趋势增大,但当保压时间超过 360 s 时,出油量增长趋于稳定;峰值力随温度的升高先缓慢升高后急剧降低,再趋于稳定;温度低于 75 ℃ 时,出油量随温度的升高而增大,温度处于 75 ~ 100 ℃ 时,出油量急剧减小,温度高于 100 ℃ 时,出油量小幅度减小后趋于稳定。花生颗粒挤压出油的最优条件为压距 5 mm、压速 0.5 mm/s、保压时间 360 s 和温度 75 ℃。

(上接第 131 页)

- [10] 吴昊,周旋,张椿. AB-8 大孔吸附树脂纯化蛋黄卵磷脂的工艺研究[J]. 中国油脂,2018,43(12):79-83.
- [11] 吴美芳. 油茶果壳提取物的制备、功效及应用[D]. 长沙:长沙理工大学,2019.
- [12] 赵国志,刘喜亮,刘智锋. 油脂稳定度测试方法比较[J]. 粮油食品科技,2007,15(1):25-26.
- [13] 李海琳,刘京晶,朱国华,等. HPLC 法测定“长林”系列油茶籽种仁中 2 个主要黄酮苷含量[J]. 中国粮油学报,2014,29(12):124-128.
- [14] 沈建福,李利敏,吴晓琴. 大孔树脂分离纯化油茶蒎鞣质工艺研究[J]. 中国食品学报,2013,13(7):115-121.
- [15] 刘承毅,吴雪辉. 油茶果壳原花青素的纯化及对  $\alpha$ -淀粉酶活性抑制作用[J]. 2021,42(8):142-146.

### 参考文献:

- [1] 王瑞元. 我国花生生产、加工及发展情况[J]. 中国油脂,2020,45(4):1-3.
- [2] 张立伟,王辽卫. 我国花生产业发展状况、存在问题及政策建议[J]. 中国油脂,2020,45(11):116-122.
- [3] 程园园,刘大川,刘晔,等. 紫苏籽、花生仁压榨特性的研究[J]. 中国粮油学报,2016,31(5):100-105.
- [4] 李先翠,李保国,姜元荣,等. 花生萌发方法及营养物质变化研究进展[J]. 食品与发酵科技,2020,56(4):55-59,125.
- [5] 杜霖春. 国内外花生生产、加工形势及其对策[J]. 辽宁农业科学,2017(4):76-77.
- [6] 吴克刚,尤腾琦,黄海娟,等. 压榨制取工艺过程对花生油氧化稳定性的影响[J]. 食品研究与开发,2015,36(4):4-7.
- [7] 杨春英,刘学铭,陈智毅,等. 食用植物油流变学特性研究[J]. 中国粮油学报,2013,28(8):24-27.
- [8] 何东平,郑晓,林国强,等. 花生冷榨过程中的基本特性研究[J]. 中国油脂,2007,32(5):19-23.
- [9] 郭京臣,薛强,杨硕,等. 典型品种花生仁力学特性研究[J]. 中国油脂,2020,45(1):108-110.
- [10] GÜZEL E, AKÇALI I D, MUTLU H, et al. Research on the fatigue behavior for peanut shelling[J]. J Food Eng, 2005,67(3):373-378.
- [11] 李昌珠,刘汝宽,杨星星,等. 油料冷态压榨过程中油脂迁移速率影响因素分析[J]. 湖南林业科技,2015,42(1):1-3.
- [12] 郑晓. 油料压榨理论与试验研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2005.
- [16] 李慧娜,田少君. 油料作物中黄酮类化合物的提取方法研究进展[J]. 中国油脂,2017,42(8):111-115.
- [17] 刘力,史娟,张攀,等. 如意草提取物对油脂抗氧化作用研究[J]. 中国油脂,2016,41(9):95-97.
- [18] 许中畅,卢晓霆. 葵盘总黄酮对油脂抗氧化作用研究[J]. 中国油脂,2016,41(2):44-47.
- [19] 南海娟,王正荣,葛亚明,等. 金银花与叶醇提取物对油脂的抗氧化活性比较[J]. 食品与发酵工业,2017,43(6):175-180.
- [20] 刘芳,谢妍祎,吴苏喜,等. 油茶花醇提取物的体外抗氧化活性研究[J]. 粮食与油脂,2021,34(5):132-136.
- [21] 蔡达,刘红芝,刘丽,等. 不同工艺制备核桃油品质比较及相关性分析[J]. 中国油脂,2014,39(3):80-84.