

# 不同干燥方式对山桐子油理化性质、脂肪酸组成及微量营养成分含量的影响

田潇潇<sup>1</sup>, 王 羚<sup>1,2</sup>, 方学智<sup>1</sup>, 杜孟浩<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 杭州 311400; 2. 中南林业科技大学 食品科学与工程学院, 长沙 410000)

**摘要:** 通过测定山桐子果含水率、含油率以及山桐子油酸价、过氧化值、皂化值、脂肪酸组成、维生素 E、总酚、角鲨烯和  $\beta$ -谷甾醇, 研究了阴干、晒干和烘干 3 种不同干燥方式对山桐子油理化性质、脂肪酸组成和微量营养成分含量的影响, 并采用主成分分析综合评价 3 种油的品质。结果表明: 山桐子油酸价和皂化值由高到低的干燥方式依次为阴干 > 晒干 > 烘干; 山桐子油过氧化值和  $\beta$ -谷甾醇含量由高到低的干燥方式依次为晒干 > 烘干 > 阴干; 山桐子油角鲨烯含量由高到低的干燥方式依次为烘干 > 阴干 > 晒干;  $V_E$  含量由高到低的干燥方式依次为晒干 > 烘干  $\approx$  阴干; 总酚含量 3 种干燥方式没有显著差异。综合比较, 晒干得到的山桐子油的理化性质较好, 微量营养成分损失最小。

**关键词:** 干燥方式; 山桐子油; 理化性质; 营养成分; 脂肪酸组成

中图分类号: TS224.2; TS225.1 文献标识码: A 文章编号: 1003-7969(2020)01-0008-05

## Effects of drying methods on physicochemical properties, fatty acid composition and trace nutrient contents of *Idesia polycarpa* Maxim. seed oil

TIAN Xiaoxiao<sup>1</sup>, WANG Ling<sup>1,2</sup>, FANG Xuezhong<sup>1</sup>, DU Menghao<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, China;  
2. College of Food Science and Engineering, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410000, China)

**Abstract:** The moisture content and oil content of *Idesia polycarpa* Maxim. seed and the acid value, peroxide value, saponification value, fatty acid composition, contents of vitamin E, total phenol, squalene and  $\beta$ -sitosterol of *Idesia polycarpa* Maxim. seed oil were determined to study the effects of different drying methods on the physicochemical properties, fatty acid composition and trace nutrient contents of *Idesia polycarpa* Maxim. seed oil. In addition, the quality of the oil was evaluated by principal component analysis. The results showed that the acid value and saponification value of *Idesia polycarpa* Maxim. seed oil decreased in the order of drying in the shade, drying in the sun and drying over heat. The peroxide value and  $\beta$ -sitosterol content from high to low were drying in the sun, drying over heat and drying in the shade, and the squalene content from high to low were drying over heat, drying in the shade and drying in the sun. The  $V_E$  content for drying in the sun was the highest, and the  $V_E$  contents for the other two methods were similar. No obvious difference was found for the total phenol of the oils by the three drying methods. In a word, the physicochemical properties of *Idesia polycarpa* Maxim. seed oil drying in the sun was better than the other two methods, and the loss of nutrient content was the lowest.

**Key words:** drying method; *Idesia polycarpa* Maxim. seed oil; physicochemical property; nutrient; fatty acid composition

收稿日期: 2019-06-19; 修回日期: 2019-07-08

基金项目: 浙江省科技重点研发计划(2017C02003)

作者简介: 田潇潇(1993), 女, 助理工程师, 硕士, 研究方向为经济林产品加工(E-mail) Txx3717@163.com。

通信作者: 方学智, 高级工程师(E-mail) fxzhn@caf.ac.cn。

山桐子(*Idesia polycarpa* Maxim.), 又名水冬瓜、山梧桐、油葡萄等, 是大风子科山桐子属的落叶乔木植物, 为我国十大木本食用油料作物之一<sup>[1]</sup>。山桐子果实含油率高, 干果含油率为 35.0% ~ 40.9%,

被誉为“树上油库”<sup>[2]</sup>。山桐子油呈红棕色,味苦无毒,富含亚油酸等不饱和脂肪酸和维生素 E<sup>[3]</sup>,食用价值较高。研究表明,山桐子油具有极高的药用价值,如抗肥胖症、治疗和预防高血脂及动脉粥样硬化<sup>[4-5]</sup>。除食用外,山桐子油亦可用作工业原料,如提取共轭亚油酸<sup>[6]</sup>,制备润滑油、乳化剂、生物柴油等<sup>[7]</sup>。

国外对山桐子油的研究报道较少,国内主要研究山桐子油提取工艺的优化<sup>[8]</sup>,不同地区<sup>[9-10]</sup>、不同种源<sup>[11-12]</sup>、不同生长期<sup>[13-14]</sup>的山桐子果含油率的变化,山桐子油理化性质以及脂肪酸的组成分析等。采后处理是影响油脂品质的重要因素,但目前国内对山桐子果采后处理研究较少。因此,本文研究山桐子果不同干燥方式对山桐子油理化性质、脂肪酸组成及微量营养成分含量的影响,以期对山桐子油的合理利用及高品质油的生产提供实验支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

山桐子鲜果,于2018年1月购自四川隆亨生物能源开发有限公司。

脂肪酸甲酯混合标准品、角鲨烯标准品、维生素 E 标准品、 $\beta$ -谷甾醇标准品,上海安谱实验科技股份有限公司;正己烷、甲基叔丁基醚、四氢呋喃、甲醇均为色谱纯;其他试剂均为分析纯。

E-816 SOX 索氏提取仪、Q-101 平行蒸发仪,瑞士 Buchi 有限公司;Avanti J-E 冷冻离心机,美国 Beckman 有限公司;1260 Infinity II 液相色谱仪,美

国 Agilent 有限公司;GC-2010 plus 气相色谱仪、UV-2550 紫外可见分光光度计,日本岛津公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 山桐子鲜果的干燥处理及提油

山桐子鲜果进行3种干燥处理后提油:①一部分鲜果在阴凉通风处晾干一个半月,粉碎,索氏提油;②一部分鲜果在阳光下晒干半个月,粉碎,索氏提油;③一部分鲜果105℃杀青后于60℃烘干1d,粉碎,索氏提油。所有提取的山桐子油在4℃冷藏保存备用,每种干燥方式设置3个重复。

#### 1.2.2 山桐子果理化指标的测定

含水率的测定参考 GB 5009.3—2016;含油率的测定参考 GB 5009.6—2016。

#### 1.2.3 山桐子油理化指标、脂肪酸组成及微量营养成分含量的测定

酸价的测定参考 GB 5009.229—2016;过氧化值的测定参考 GB 5009.227—2016;皂化值的测定参考 GB/T 5534—2008;脂肪酸组成及含量的测定参考 GB 5009.168—2016;维生素 E 组成及含量的测定参考 GB 5009.82—2016;角鲨烯、甾醇和总酚组成及含量的测定参考文献[15]。

#### 1.2.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2016 进行数据处理,采用 SPSS 22.0 进行单因素方差分析和主成分分析。单因素方差分析采用 Duncan 进行多重比较;主成分分析抽取特征值大于1的因子作为主成分。

## 2 结果与分析

### 2.1 山桐子果理化指标(见表1)

表1 不同干燥方式山桐子果的理化指标

理化指标	鲜果	阴干果	晒干果	烘干果	%
含水率	54.36 ± 1.11a	11.07 ± 0.07b	7.66 ± 0.05c	3.24 ± 0.08d	
含油率	27.56 ± 2.83b	29.64 ± 0.42b	29.95 ± 0.19b	33.05 ± 0.95a	

注:表中数据均为“均值 ± 标准差”(n=3);显著性水平为5%,同一行不同字母表示差异显著。下同。

由表1可知,山桐子鲜果的含水率为54.36%,干燥后的山桐子果含水率由大到小依次为阴干>晒干>烘干,其中山桐子果经烘干后的含水率仅为3.24%。不同干燥方式处理后山桐子果的含油率在29.64%~33.05%之间,烘干后山桐子果的含油率较高。由此可见,山桐子果的含油率高低与其含水率成反比。王亚萍等<sup>[16]</sup>在油茶籽贮藏研究中指出,油料作物含水率越高,其脂肪水解速度越快,含油率越低。

### 2.2 山桐子油理化指标、脂肪酸组成及微量营养成分

实验提取的山桐子油呈砖红色,油中还含有脂溶性的游离脂肪酸、固醇、磷脂、蜡及色素等。因山

桐子果中含有苦味素<sup>[10]</sup>,油有一定的苦涩味。

#### 2.2.1 山桐子油的理化指标(见表2)

##### 2.2.1.1 酸价

酸价是检验油脂酸败程度、评定油脂品质的重要指标。由表2可知,不同干燥方式山桐子油的酸价差异较大,总体上山桐子油的酸价与干燥时间成正相关,烘干油酸价(KOH)为1.90 mg/g,阴干油酸价(KOH)高达12.52 mg/g,是烘干油的6.6倍。原因可能是干燥时间的不同,阴干用了一个半月的时间,在干燥过程中山桐子果实发生了复杂的化学变化,油脂在此过程中被水解为游离脂肪酸,导致酸价上升<sup>[16-18]</sup>,与方学智等<sup>[18]</sup>研究油茶饼残油品质结果一致。

表2 不同干燥方式山桐子油的理化指标

理化指标	阴干油	晒干油	烘干油
酸价(KOH)/(mg/g)	12.52 ± 0.24a	7.03 ± 0.04b	1.90 ± 0.09c
过氧化值/(g/100 g)	0.01 ± 0.01c	0.06 ± 0.01a	0.03 ± 0.01b
皂化值(KOH)/(mg/g)	137.34 ± 3.68a	132.67 ± 3.01b	128.18 ± 2.42c

### 2.2.1.2 过氧化值

过氧化值是衡量油脂酸败程度的一个指标。由表2可知,不同干燥方式山桐子油的过氧化值在0.01~0.06 g/100 g之间,阴干油过氧化值较低,为0.01 g/100 g,晒干油过氧化值最高,达0.06 g/100 g。阴干油过氧化值较低,原因可能是干燥时间较长,生成的过氧化物进一步分解形成含羰基的二次产物所致<sup>[19]</sup>。

### 2.2.1.3 皂化值

皂化值表示山桐子油中有机酸性物质和酯类的总含量,其大小可以说明油的劣化程度。由表2可知,不同干燥方式山桐子油的皂化值在128.18~137.34 mg/g之间,其大小依次为阴干>晒干>烘干。阴干油酸价最高且游离脂肪酸较多,所以皂化值也较高<sup>[20]</sup>。除此之外,干燥时间对山桐子油的皂化值也有一定的影响,阴干油干燥时间较长,所含游离脂肪酸与晒干相比较多。

### 2.2.2 山桐子油的脂肪酸组成及含量(见表3)

由表3可知,山桐子油所含脂肪酸主要为亚油酸、棕榈酸、油酸和棕榈烯酸。与其他2种干燥方式相比,晒干所得山桐子油的单不饱和脂肪酸含量最高,为14.14%。山桐子油中多不饱和脂肪酸主要是亚油酸和亚麻酸,含量为66.93%~72.79%。研

究表明多不饱和脂肪酸具有降低胆固醇含量、减少动脉血栓的发生以及抗癌等功能,其含量是衡量油脂营养价值的重要指标<sup>[21]</sup>。由此看出,山桐子油是一种优质的食用油,具有良好的营养与保健价值。山桐子油中饱和脂肪酸为棕榈酸、硬脂酸、花生酸,含量为16.04%~18.95%,晒干山桐子油的饱和脂肪酸含量最高。个别饱和脂肪酸含量也有较大不同,晒干油的硬脂酸含量仅约为阴干油的1/2,而花生酸含量远高于阴干油和烘干油。

表3 不同干燥方式山桐子油的脂肪酸组成及含量 %

脂肪酸	阴干油	晒干油	烘干油
C16:0	14.75 ± 0.04b	17.90 ± 0.10a	14.56 ± 0.49b
C16:1	4.89 ± 0.13b	7.08 ± 0.03a	4.61 ± 0.45b
C18:0	1.24 ± 0.20a	0.66 ± 0.07b	1.47 ± 0.02a
C18:1	6.04 ± 0.38a	6.26 ± 0.22a	6.48 ± 0.32a
C18:2	72.05 ± 0.76a	66.20 ± 0.16b	71.86 ± 0.49a
C18:3	0.74 ± 0.05a	0.73 ± 0.02a	0.71 ± 0.04a
C20:0	0.05 ± 0.06b	0.39 ± 0.27a	0.10 ± 0.03ab
C20:1	0.24 ± 0.08b	0.80 ± 0.38a	0.20 ± 0.16b
UFA	83.96a	81.07b	83.86a
SFA	16.04b	18.95a	16.13b
MUFA	11.17b	14.14a	11.29b
PUFA	72.79a	66.93b	72.57a

### 2.2.3 山桐子油的微量营养成分(见表4)

表4 不同干燥方式山桐子油营养成分含量

营养成分	阴干油	晒干油	烘干油
V <sub>E</sub>	103.85 ± 4.13b	262.99 ± 1.06a	106.84 ± 0.22b
总酚	9.47 ± 0.18a	9.39 ± 0.22a	9.33 ± 0.15a
角鲨烯	38.64 ± 0.38b	37.50 ± 0.29c	40.83 ± 0.40a
β-谷甾醇	319.78 ± 0.87c	427.06 ± 1.46a	394.30 ± 0.44b

### 2.2.3.1 维生素E

由表4可知,山桐子油的V<sub>E</sub>平均含量为157.89 mg/100 g。不同干燥方式所得山桐子油的V<sub>E</sub>含量呈现较大差异,含量高低依次为晒干>烘干≈阴干,晒干油的V<sub>E</sub>含量为262.99 mg/100 g,阴干油中的V<sub>E</sub>损失较大,V<sub>E</sub>含量仅约为晒干油中的2/5。V<sub>E</sub>含量受温度和处理时间等因素影响,石晓丽<sup>[22]</sup>发现,温度越高,油脂中生育酚的损失越大。

### 2.2.3.2 总酚

总酚指山桐子油中所含的所有酚类物质,总酚含量越高,油脂的抗氧化能力越强<sup>[23]</sup>。由表4可

知,不同干燥方式山桐子油中总酚含量在9.33~9.47 mg/100 g之间,3种干燥方式下山桐子油中总酚含量没有显著差异。

### 2.2.3.3 角鲨烯

由表4可知,不同干燥方式山桐子油中角鲨烯含量从高到低依次为烘干>阴干>晒干,烘干、阴干和晒干所得山桐子油中角鲨烯含量分别为40.83、38.64、37.50 mg/100 g。

### 2.2.3.4 β-谷甾醇

由表4可知,不同干燥方式山桐子油中β-谷甾醇含量差异显著,阴干、晒干、烘干所得山桐子油

中 $\beta$ -谷甾醇含量分别为319.78、427.06、394.30 mg/100 g,相比其他2种方式,晒干可以更好地保留山桐子中的 $\beta$ -谷甾醇。温度太高会导致 $\beta$ -谷甾醇的损失,另外 $\beta$ -谷甾醇受贮藏时间影响也较大,贮藏时间越长,其损失率越大<sup>[24]</sup>。

### 2.3 主成分分析

应用主成分分析法对不同干燥方式山桐子含油率、山桐子油理化指标(酸价、过氧化值、皂化值)、微量营养成分(维生素E、总酚、角鲨烯、 $\beta$ -谷甾醇)、脂肪酸(单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、总不饱和脂肪酸)进行综合比较。

依据累积贡献率大于75%的原则,不同干燥方式山桐子油样品前2个主成分因子的累积贡献率达93.80%,基本能够反映不同干燥方式山桐子油的主要信息。根据主成分Z1、Z2与相应的贡献率之积的和,计算不同山桐子油差异程度的综合得分,结果见表5。得分越高,说明综合表现越优。由表5可以看出,晒干油综合评价较优。

表5 不同干燥方式山桐子油主成分综合评价及排名

样品	Z1	Z2	综合	排名
晒干油	240.40	472.66	713.07	1
烘干油	32.95	442.25	475.19	2
阴干油	5.03	350.43	355.45	3

注:Z1表示过氧化值、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、总不饱和脂肪酸、维生素E、角鲨烯;Z2表示酸价、皂化值、含油率、 $\beta$ -谷甾醇、总酚。

### 3 结论

通过测定山桐子果含水率、含油率以及山桐子油酸价、过氧化值、皂化值、脂肪酸组成、维生素E、总酚、角鲨烯和 $\beta$ -谷甾醇,探讨了阴干、晒干和烘干3种不同干燥方式对山桐子油理化性质、脂肪酸组成及微量营养成分含量的影响。3种不同干燥方式得到的山桐子油理化性质及营养物质含量差异显著。山桐子油干燥时间大小依次为阴干>晒干>烘干,阴干油的酸价远高于其他两种干燥方式的油,是晒干油的1.8倍,是烘干油的6.6倍,阴干油皂化值是烘干油的1.1倍。山桐子油中微量营养成分受干燥方式影响较大,高温处理会导致油中 $V_E$ 含量降低,晒干油的 $V_E$ 含量是烘干油的2.5倍。3种干燥方式下总酚含量没有显著差异。角鲨烯则受干燥时间影响,烘干油中角鲨烯含量最高。干燥方式对 $\beta$ -谷甾醇含量影响显著,晒干油中 $\beta$ -谷甾醇含量最高。不同干燥方式得到的山桐子油脂肪酸也存在差异,阴干油的多不饱和脂肪酸含量最高。经主成分分析综合比较看,晒干得到的山桐子油的品质最

优,其酸价和皂化值较小,微量营养成分损失小,具有较高的食用价值与保健作用。

### 参考文献:

- [1] 郭华. 山桐子油的品质分析[J]. 现代食品科技, 2012, 28(3): 345-347.
- [2] 旷春桃, 吴斌, 唐宏伟, 等. 山桐子油的超临界CO<sub>2</sub>萃取工艺优化及脂肪酸组成分析[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 160-163, 234.
- [3] 陈福北, 陈少东. 毛叶山桐子油中脂肪酸组成分析[J]. 化工技术与开发, 2013, 42(1): 32-34.
- [4] YANG Y, JIA R R, TANG L, et al. In vivo antioxidant and anti-skin-aging activities of ethyl acetate extraction from *Idesia polycarpa* defatted fruit residue in aging mice induced by D-galactose [J]. Evid-based Compl Alt, 2014 [2019-06-19]. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/18576>.
- [5] 戴国富, 谢世友, 万腾, 等. 山桐子开发利用前景与展望[J]. 重庆三峡学院学报, 2011, 27(132): 105-109.
- [6] LI Y, PENG T, HUANG L, et al. The evaluation of lipids raw material resources with the fatty acid profile and morphological characteristics of *Idesia polycarpa* Maxim. var. *vestita* Diels fruit in harvesting [J]. Ind Crops Prod, 2019, 129: 114-122.
- [7] YANG F X, SU Y Q, LI X H, et al. Preparation of biodiesel from *Idesia polycarpa* var. *vestita* fruit oil [J]. Ind Crops Prod, 2009, 29(2/3): 622-628.
- [8] 刘春雷, 江连洲, 于殿宇, 等. 山桐子油提取工艺的研究及脂肪酸组成分析[J]. 食品科技, 2012, 37(2): 203-206.
- [9] 包杰, 陈凤香. 不同产地山桐子果含油率和脂肪酸组成分析[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(5): 38-39.
- [10] 祝志勇, 王强, 阮晓, 等. 不同地理居群山桐子的果实含油率与脂肪酸含量[J]. 林业科学, 2010, 46(5): 179-183.
- [11] 龚榜初, 李大伟, 江锡兵, 等. 不同种源山桐子果实脂肪酸组成变异分析[J]. 植物生理学报, 2012, 48(5): 505-510.
- [12] 王艳梅, 王东洪, 刘震, 等. 6个种源山桐子种子含油率和脂肪酸GC/MS分析[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45(5): 530-533, 547.
- [13] 洪祖兵, 泮文妃. 山桐子不同采收期果实含油量分析[J]. 华东森林经理, 2018, 32(2): 58-60.
- [14] 贾然然, 唐晓姗, 董娜, 等. 毛叶山桐子果实成熟度对种子发芽与果实油品质的影响[J]. 种子, 2014, 33(9): 38-41, 50.
- [15] 田潇潇, 方学智, 孙汉洲, 等. 不同物种及品种油茶籽的营养特性分析与综合评价[J]. 林业科学研究, 2019, 32(1): 136-143.

### 3 结论

本研究以一级大豆油和单甘酯为原料,在无溶剂体系下利用固定化脂肪酶 Novozym 435 催化酯交换制备甘油二酯,系统考察了酶法制备甘油二酯的主要参数,并基于响应面实验优化工艺条件,建立了良好的数学模型指导甘油二酯的合成。实验确定酯交换制备甘油二酯的最优条件为:大豆油与单甘酯摩尔比 1:2,酶添加量 9%,反应温度 83℃,反应时间 6.5 h。在最优条件下,甘油二酯含量达(51.2 ± 0.2)%。

#### 参考文献:

- [1] FLICKINGER B D, MATSUO N. Nutritional characteristics of DAG oil[J]. *Lipids*, 2003, 38(2): 129 - 132.
- [2] LO S K, TAN C P, LONG K, et al. Diacylglycerol oil—properties, processes and products: a review [J]. *Food Bioprocess Technol*, 2008, 1(3): 223 - 233.
- [3] ARCOS J A, OTERO C. Enzyme, medium, and reaction engineering to design a low - cost, selective production method for mono - and dioleoylglycerols [J]. *J Am Oil Chem Soc*, 1996, 73(6): 673 - 682.
- [4] 马传国, 张科红, 郭瑞华. 高酸值米糠油制备富含甘二酯油脂[J]. *中国油脂*, 2010, 35(4): 28 - 32.
- [5] FERRETTI C A, SPOTTI M L, DI COSIMO J I. Diglyceride - rich oils from glycerolysis of edible vegetable oils[J]. *Catal Today*, 2018, 302: 233 - 241.
- [6] ZHENG P, YANG X, WANG W, et al. Production of diacylglycerol - mixture of regioisomers with high purity by two - step enzymatic reactions combined with molecular distillation[J]. *J Am Oil Chem Soc*, 2014, 91(2): 251 - 259.
- [7] WANG Z, WEI D, DAI L, et al. Study on lipozyme TL IM - catalyzed esterification of oleic acid and glycerol for 1, 3 - diolein preparation[J]. *J Mol Catal B - Enzym*, 2016, 127: 11 - 17.
- [8] 胡士恒, 康建波, 马龙彪, 等. 玉米油酶法合成甘油二酯工艺优化研究[J]. *现代化工*, 2012, 32(5): 86 - 88.
- [9] 李相, 刘云, 杨江科. 基于响应面设计脂肪酶 Novo435 催化合成甘油二酯的工艺优化[J]. *生物加工过程*, 2009, 7(5): 13 - 18.
- [10] 黄楚楚, 熊辉煌, 龚斌, 等. 脂肪酶催化单油酸甘油酯制备功能性 1,3 - 甘油二酯[J]. *食品科学*, 2015, 36(22): 1 - 5.
- [11] 李桂华. 油料油脂检验与分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [12] DUAN Z Q, DU W, LIU D H. Novozym 435 - catalyzed 1, 3 - diacylglycerol preparation via esterification in *t* - butanol system [J]. *Process Biochem*, 2010, 45(12): 1923 - 1927.
- [13] 马传国. 高酸价米糠油酯化和酯交换反应及其制备甘二酯油脂[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [14] GHAMGUI H, MILED N, REBAÏ A, et al. Production of mono - olein by immobilized *Staphylococcus simulans* lipase in a solvent - free system: optimization by response surface methodology [J]. *Enzym Microb Technol*, 2006, 39(4): 717 - 723.
- [15] 刘尊, 仇超颖, 宋佳, 等. 脂肪酶催化饱和单甘酯与棕榈油酯交换制备含甘油二酯油及其结晶特性研究[J]. *中国油脂*, 2017, 42(6): 44 - 49.
- [16] 王亚萍, 石晓丽, 姚小华, 等. 适宜含水率保持油茶籽贮藏品质 [J]. *农业工程学报*, 2016, 32(4): 256 - 261.
- [17] 张来林, 郑亿青, 顾祥明, 等. 不同储藏条件对油茶籽储藏品质的影响研究[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2013, 34(5): 29 - 34.
- [18] 方学智, 费学谦, 丁明, 等. 贮藏条件对油茶饼残油品质的影响[J]. *林业科学研究*, 2007, 20(4): 532 - 536.
- [19] 朱新鹏. 紫苏油贮藏稳定性研究[J]. *中国油脂*, 2012, 37(9): 62 - 64.
- [20] 李新华, 赵月娇. 不同温度对花生油品质的影响分析 [J]. *食品工业*, 2012, 33(7): 9 - 11.
- [21] 陈福民. 山桐子脂肪酸提取及成分分析[D]. 西安: 陕西师范大学, 2009.
- [22] 石晓丽. 油茶籽及油茶籽油贮藏过程中的品质变化研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2014.
- [23] 王艳. 杏仁油抗氧化能力和特征挥发性成分的分析 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015.
- [24] 聂明. 加工与贮藏对茶油品质特性影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010.

(上接第 11 页)