

正交试验法优选蒜头果果壳和果皮粗脂肪提取工艺

杨玉玲¹, 王序英², 赵大伟¹, 魏波^{2*}, 滕娟¹

(1. 文山州农业科学院, 云南文山 663000; 2. 红河学院生命科学与技术学院, 云南蒙自 661100)

摘要 为提高蒜头果的综合开发利用价值, 以干燥蒜头果果壳、果皮粉末为原料, 采用索氏提取法提取蒜头果果壳、果皮粗脂肪, 分析浸泡时间、提取时间、提取温度 3 个因素对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率的影响, 应用 $L_9(3^4)$ 正交试验优选最佳提取工艺。结果表明: 蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取的最佳工艺条件: 蒜头果果壳为浸泡时间 6 h、提取温度 90 ℃、提取时间 12 h; 果皮为浸种时间 30 h、提取温度 90 ℃、提取时间 12 h。对粗脂肪提取率进行方差分析和极差分析, 结果表明浸泡时间对果壳、果皮粗脂肪提取率的影响最大, 提取时间对果壳、果皮粗脂肪提取率的影响最小。在最佳工艺条件下进行验证试验, 粗脂肪提取率分别为 6.47% 和 6.60%。正交试验法优选蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取工艺稳定、可行, 为蒜头果资源的进一步研究与利用奠定了基础。

关键词 蒜头果; 果壳; 果皮; 粗脂肪; 索氏提取; 正交试验; 提取工艺

中图分类号 R 284.2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)01-0190-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.01.051

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Screening of the Extraction Technology of Crude Fat from Shell and Peel of *Malania oleifera* by Orthogonal Test

YANG Yu-ling¹, WANG Xu-ying², ZHAO Da-wei¹ et al (1. Wenshan Academy of Agricultural Sciences, Wenshan, Yunnan 663000; 2. School of Life Science and Technology, Honghe University, Mengzi, Yunnan 661100)

Abstract In order to improve the comprehensive development and utilization values of *Malania oleifera*, the dry shell and peel powder of *M. oleifera* were used as raw materials to extract the crude fat from the shell and peel of *M. oleifera* by Soxhlet extraction method. The effects of three factors (soaking time, extraction time and extraction temperature) on the extraction rate of crude fat from the shell and peel of *M. oleifera* were analyzed. The optimum extraction process was optimized by $L_9(3^4)$ orthogonal test. The results showed that the optimum extraction process conditions of crude fat extraction from the shell and peel of *M. oleifera* were as follows: the soaking time of *M. oleifera* shell 6 h, extraction temperature 90 ℃, extraction time 12 h; the soaking time of *M. oleifera* peel 30 h, extraction temperature 90 ℃, extraction time 12 h. The results of variance analysis and range analysis showed that the soaking time had the greatest effects on the extraction rate of crude fat from the shell and peel, and extraction time had the least effects on the extraction rate of crude fat. The verification experiment was conducted under the optimal extraction process conditions, the extraction rates of crude fat were 6.47% and 6.60% respectively. The extraction process of crude fat from the shell and peel of *M. oleifera* was stable and feasible, which laid a foundation for further research and utilization of *M. oleifera* resources.

Key words *Malania oleifera*; Shell; Peel; Crude fat; Soxhlet extraction; Orthogonal test; Extraction process

蒜头果(*Malania oleifera* Chun et Lee)为铁青树科蒜头果属,又名山桐果、马兰后、猴子果等^[1],是我国特有的古老木本油料树种、国家二级珍稀濒危保护树种和国家二类珍贵用材树种^[2-3]。蒜头果自然分布区域狭窄,种群数量少、消失速度快,是云南、广西地区特有的珍稀濒危保护植物,其种子富含油脂,可食用,也可制成肥皂或润滑油,还能合成麝香酮等^[4]。研究表明,蒜头果油脂中含有 60% 以上的神经酸,是目前自然界中已发现神经酸含量最高的植物^[5]。神经酸又名鲨鱼酸,学名为 Z-15-二十四碳烯酸,是一种长链单不饱和脂肪酸^[6],不仅具有增强免疫力^[7]、提高神经活跃度、防止脑神经衰弱的作用^[8],对阿尔茨海默病^[9-10]、肾上腺脑白质营养不良^[11]、肿瘤^[12]等心血管及人体自身免疫缺乏性疾病也具有相当好的预防和治疗功效^[13],而且还是合成名贵香料的原料^[14]。高纯度神经酸的价格与黄金相当。

近几年,脂肪酸的营养价值和生理功能逐渐受到人们的关注,尤其是含不饱和脂肪酸的蒜头果更加凸显其研究价值。目前国内对蒜头果的研究主要集中在种仁油提取、脂肪

酸组成与应用、蛋白质活性等方面,而剩余果壳和果皮则很少报道。笔者采用正交试验对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取工艺进行优选,旨在开发蒜头果的潜在用途和提高蒜头果的综合开发利用价值。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 材料与试剂。蒜头果,采自云南广南县旧莫乡;丙酮、石油醚(60~90 ℃)、正己烷、乙酸乙酯、乙醇、氯仿均为分析纯,购于文山市中炜仪器销售中心。

1.1.2 仪器与设备。ZNHW 型电热套;旋转蒸发仪;数显电热干燥箱。

1.2 试验方法

1.2.1 原料处理。将蒜头果果壳、果皮自然阴干后,于 80 ℃ 下烘至恒重,粉碎、过 60 目筛,备用。

1.2.2 蒜头果粗脂肪索氏提取。分别准确称取蒜头果果壳、果皮粉末各 2.00 g,用滤纸包好后放入索氏提取器中,加入 2/3 体积的圆底烧瓶(500 mL)的石油醚,浸提一定时间后,于一定温度下提取一定时间,然后用旋转蒸发仪回收溶剂,得到蒜头果粗脂肪后称重,计算蒜头果粗脂肪提取率。重复 3 次。

果壳粗脂肪提取率 = (提取所得蒜头果粗脂肪质量 / 所取果壳的质量) × 100%

基金项目 云南省科技厅基础研究专项-青年项目(202001AU-070147)。

作者简介 杨玉玲(1985—),女,新疆石河子人,农艺师,硕士,从事中药材活性成分及生理生化研究。*通信作者,高级农艺师,博士,从事药用植物次生代谢调控及生理生化特性研究。

收稿日期 2021-05-07;修回日期 2021-06-15

果皮粗脂肪提取率=(提取所得蒜头果粗脂肪质量/所取果皮的质量)×100%

1.2.3 单因素试验与正交试验设计。分别称取 2.00 g 果壳、果皮,设置不同的浸泡时间、提取时间和提取温度进行提取,测定粗脂肪提取率,在此基础上以浸泡时间(A)、提取温度(B)和提取时间(C)为考察因素,按照表 1~2 设计 $L_9(3^4)$ 正交试验。

表 1 蒜头果果壳粗脂肪提取正交试验因素与水平设计
Table 1 The factor and level design of the orthogonal test for crude fat extraction from the shell of *M. oleifera*

水平 Level	因素 Factor		
	浸泡时间 Soaking time (A)/h	提取温度 Extraction temperature (B)/℃	提取时间 Extraction time (C)/h
1	0	80	8
2	6	85	10
3	12	90	12

表 2 蒜头果果皮粗脂肪提取正交试验因素与水平设计
Table 2 The factor and level design of the orthogonal test for crude fat extraction from the peel of *M. oleifera*

水平 Level	因素 Factor		
	浸泡时间 Soaking time (A)/h	提取温度 Extraction temperature (B)/℃	提取时间 Extraction time (C)/h
1	18	80	8
2	24	85	10
3	30	90	12

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 不同浸泡时间对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率的影响。分别称取 2.00 g 粉碎过筛后的蒜头果果壳、果皮,用石油醚浸泡 0、6、12、18、24、30 h,提取温度为 70 ℃,提取时间 4 h,进行粗脂肪提取。由图 1 可知,随着浸泡时间的延长,蒜头果果壳粗脂肪提取率随之降低。浸泡 0 h 时,蒜头果果壳粗脂肪提取率最高,为 6.84%;浸泡 6 h 时,蒜头果果壳粗脂肪提取率降至 4.99%,之后随着浸泡时间的延长,粗脂肪提取率缓慢降低;浸泡 30 h 时,蒜头果果壳粗脂肪提取率仅 3.21%。蒜头果果皮粗脂肪提取率随着浸泡时间的延长而升高,浸泡 0 h 时蒜头果果皮粗脂肪提取率仅 4.68%,浸泡 12~18 h 时蒜头果果皮粗脂肪提取率的上升幅度较大,浸泡 18~30 h 时蒜头果果皮粗脂肪提取率缓慢增加。

2.1.2 不同提取时间对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率的影响。分别称取 2.00 g 粉碎过筛后的蒜头果果壳、果皮,用石油醚浸泡 0 h,提取温度为 70 ℃,提取时间分别为 4、6、8、10、12 h,进行粗脂肪提取。从图 2 可以看出,随着提取时间的延长,蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率都随之上升。提取 4 h 时,蒜头果果壳粗脂肪提取率为 4.50%;提取 12 h 时,蒜头果果壳粗脂肪提取率增至 5.75%。蒜头果果皮粗脂肪提取率在提取 4 h 时为 4.48%,随着提取时间的延长,蒜头果粗脂肪提取率逐渐升高,提取时间为 6 h 时蒜头果果皮粗脂肪

提取率达到 5.82%;此后缓慢上升,提取 12 h 时果皮粗脂肪提取率升至 6.31%。

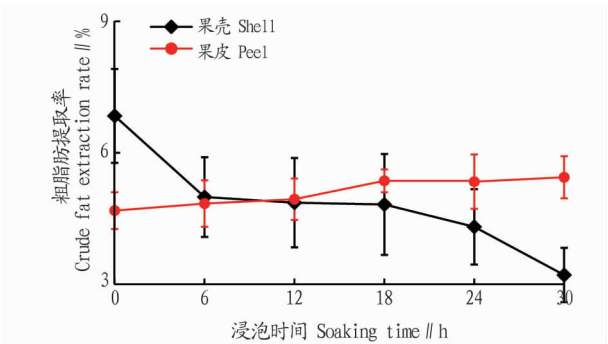


图 1 不同浸泡时间对蒜头果壳、果皮粗脂肪提取率的影响
Fig. 1 Effects of different soaking time on extraction rate of crude fat from the shell and peel of *M. oleifera*

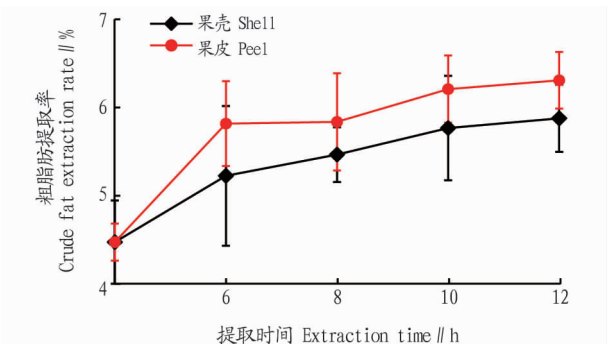


图 2 不同提取时间对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率的影响
Fig. 2 Effects of different extraction time on extraction rate of crude fat from the shell and peel of *M. oleifera*

2.1.3 不同提取温度对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率的影响。分别称取 2.00 g 粉碎过筛后的蒜头果果壳、果皮,用石油醚浸泡 0 h,提取时间 4 h,提取温度分别为 65、70、75、80、85、90 ℃。从图 3 可以看出,随着提取温度的升高,蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率都随之上升。当提取温度为 65 ℃时蒜头果壳粗脂肪提取率为 5.10%,当提取温度为 90 ℃时蒜头果果壳粗脂肪提取率增至 6.33%。当提取温度为 65 ℃时蒜头果果皮粗脂肪提取率仅 4.79%,随着提取温度的升高,粗脂肪提取率逐渐升高,当提取温度为 90 ℃时蒜头果果皮粗脂肪提取率升至 6.47%。

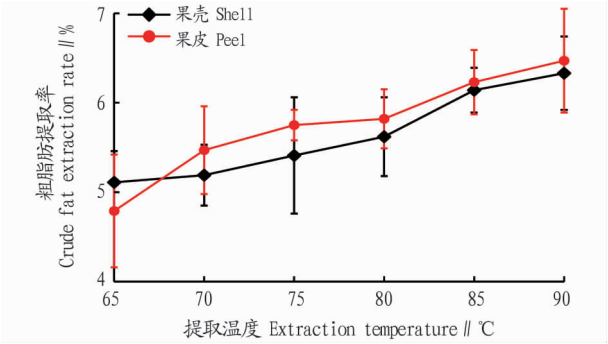


图 3 不同提取温度对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率的影响
Fig. 3 Effects of different extraction temperature on the extraction rate of crude fat from the shell and peel of *M. oleifera*

2.2 正交试验结果 根据单因素试验结果可知,当浸泡时间为 0 h、提取温度为 90 ℃、提取时间为 12 h,此时蒜头果果壳粗脂肪提取率最高;当浸泡时间为 30 h、提取温度为 90 ℃、提取时间为 12 h 时蒜头果果皮粗脂肪提取率最高。由此可见,浸泡时间、提取温度、提取时间是影响蒜头果果

壳、果皮粗脂肪提取率的主要因素。分别称取粉碎过筛后的蒜头果果壳、果皮 2.00 g,共 18 次试验,每次试验 3 个重复,按正交表 $L_9(3^4)$ 进行正交试验(表 1、2)。按“1.2.2”中方法计算蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率,对粗脂肪提取率进行方差分析和极差分析,结果见表 3~4,并进行验证试验。

表 3 蒜头果果壳粗脂肪提取正交试验结果

Table 3 The results of the orthogonal test for crude fat extraction from the shell of *M. oleifera*

试验号 Test No.	浸泡时间 Soaking time	提取温度 Extraction temperature	提取时间 Extraction time	空白 Blank	粗脂肪提取率 Crude fat extraction rate//%
1	1	1	1	1	4.61±0.27 e
2	1	2	2	2	4.51±0.25 e
3	1	3	3	3	5.67±0.07 d
4	2	1	2	3	6.42±0.22 ab
5	2	2	3	1	6.38±0.07 bc
6	2	3	1	2	6.72±0.12 a
7	3	1	3	2	6.07±0.09 c
8	3	2	1	3	6.33±0.22 bc
9	3	3	2	1	6.42±0.19 ab
k_1	4.93±0.20	5.70±0.19	5.89±0.20		
k_2	6.51±0.14	5.74±0.18	5.78±0.22		
k_3	6.27±0.17	6.27±0.13	6.04±0.08		
R	1.58	0.57	0.26		

注: 同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences($P<0.05$)

表 4 蒜头果果皮粗脂肪提取正交试验结果

Table 4 The results of the orthogonal test for crude fat extraction from the peel of *M. oleifera*

试验号 Test No.	浸泡时间 Soaking time	提取温度 Extraction temperature	提取时间 Extraction time	空白 Blank	粗脂肪提取率 Crude fat extraction rate//%
1	1	1	1	1	4.70±0.27 d
2	1	2	2	2	4.66±0.23 d
3	1	3	3	3	5.46±0.34 c
4	2	1	2	3	5.56±0.09 c
5	2	2	3	1	6.50±0.07 ab
6	2	3	1	2	6.61±0.14 ab
7	3	1	3	2	6.64±0.17 ab
8	3	2	1	3	6.29±0.28 b
9	3	3	2	1	6.81±0.15 a
k_1	4.94±0.28	5.63±0.18	5.87±0.23		
k_2	6.22±0.10	5.82±0.19	5.68±0.16		
k_3	6.58±0.20	6.29±0.21	6.20±0.19		
R	1.64	0.66	0.52		

注: 同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)
Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences($P<0.05$)

由表 3 可知,各因素对蒜头果果壳粗脂肪提取率的影响大小次序为 $A>B>C$,说明浸泡时间对蒜头果果壳粗脂肪提取率的影响最大。根据蒜头果果壳粗脂肪提取率与各因素之间的相互作用,得到多元回归方程: $Y = -2.28467 + 0.13394X_1 + 0.08340X_2 + 0.03833X_3$ ($r = 0.8092$)。由方差分析可知,蒜头果果壳粗脂肪提取率最优组合 $A_2B_3C_3$ (即浸泡时间 6 h,提取温度 90 ℃,提取时间 12 h)下蒜头果果壳粗脂肪提取率为 6.48%。

由表 4 可知,各因素对蒜头果果皮粗脂肪提取率的影响大小次序为 $A>B>C$,说明浸泡时间对蒜头果果皮粗脂肪提取率的影响最大。根据蒜头果果皮粗脂肪提取率与各因素之间的相互作用,得到多元回归方程: $Y = -3.80889 + 0.13667X_1 + 0.0660X_2 + 0.08333X_3$ ($r = 0.9247$)。由方差分析可知,蒜头果果皮粗脂肪提取率最优组合 $A_3B_3C_3$ (即浸

泡时间 30 h,提取温度 90 ℃,提取时间 12 h)下蒜头果果皮粗脂肪提取率为 7.23%。

2.3 验证试验 按上述“2.2”试验结果中优选的最佳工艺提取条件,精密称取 3 份粉碎过筛后 2.00 g 蒜头果果壳、果皮,对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率进行验证试验,结果表明蒜头果果壳的平均粗脂肪提取率为 6.47%,果皮平均粗脂肪提取率为 6.60%。蒜头果果壳验证试验结果与方差分析预测值相一致,说明蒜头果果壳粗脂肪提取最佳工艺为浸泡时间 6 h,提取温度 90 ℃,提取时间 12 h。蒜头果果皮验证试验结果低于方差分析预测值,究其原因,一方面可能是预测拟合过于理想化,另一方面可能是操作过程中出现误差。综合考虑 3 个影响因素可知,蒜头果果皮粗脂肪提取最佳工艺为浸泡时间 30 h,提取温度 90 ℃,提取时间 12 h。

3 讨论

蒜头果野生资源稀少且被人为严重破坏,目前人工种植栽培资源还不能满足市场需求。因此,提高现有蒜头果资源的综合利用率是缓解供需矛盾和解决当今蒜头果资源短缺的有效途径之一。蒜头果果仁油因含有极高含量的神经酸,受到广泛重视,而占鲜果重量约 60% 的果皮均被作为废弃物丢弃,既会污染环境,又造成资源浪费^[15]。据报道,蒜头果青皮挥发油具有较高的经济价值^[16]。刘祥义等^[15]采用同时蒸馏萃取及水蒸气蒸馏方法分别提取新鲜蒜头果果皮中的挥发性成分,并从水蒸气蒸馏物中鉴定出 9 种成分。唐婷范等^[17]采用一般碱法、超声波辅助和微波辅助从蒜头果果壳和树枝中提取木质素,并分别测定了蒜头果果壳和树枝中木质素的含量及提取率。黄开响等^[18]利用超临界 CO₂ 萃取法(SFE)对蒜头果叶挥发油进行了提取,并对挥发油中化合物成分进行了分析。目前对蒜头果果壳、果皮油脂研究的文献报道较少,整体研究和开发不够深入。

随着科学技术的进步和发展,植物或者油料作物等粗脂肪的提取方法在不断完善和改进,如索氏提取法、超声提取法、超临界 CO₂ 流体萃取、水酶法提取、微波辅助提取等方法也不断研究和应用中。

索氏提取法(Soxhlet extraction method)是目前国内外公认的一种高效提取粗脂肪的方法^[19-20],普遍被用于植物种子(如油茶籽^[21]、芝麻^[22]、大豆^[23]等)的提取。索氏提取法利用有机溶剂回流和虹吸的原理,使样品物质每一次都被纯的溶剂所萃取,效率较高。索氏提取法被用于不同植物种子粗脂肪提取时,溶剂种类、提取时间、提取温度等均会影响提取效率。丁俊峰等^[24]选用不同溶剂提取蒜头果果油,获得蒜头果果油提取的最佳工艺条件:以石油醚为提取剂,提取时间 7 h,水浴温度 90 ℃。赵丽华等^[25]分析了不同溶剂、料液比、提取温度、提取时间对牛油果种子粗脂肪提取率的影响,结果发现以石油醚为溶剂,提取温度 50 ℃、料液比 1:45,提取时间为 14 h 时,提取效率最高。该试验用石油醚作为浸提溶剂,获得蒜头果果壳、果皮的最佳工艺条件:果壳为浸泡时间 6 h、提取温度 90 ℃、提取时间 12 h;果皮为浸泡时间 30 h、提取温度 90 ℃、提取时间 12 h。在此工艺条件下果壳和果皮粗脂肪提取率分别为 6.47% 和 6.60%。该研究首次采用索氏提取法提取蒜头果果壳、果皮中的粗脂肪,并通过正交试验优化了提取工艺,丰富了蒜头果果壳、果皮提取工艺的研究内容,提高了粗脂肪提取率。

蒜头果在国外没有分布,在国内种群数量急剧减少,因而濒危速度极快^[24]。从少量蒜头果中最大限度地提取粗脂肪已成为一个亟待解决的问题。该研究运用索氏提取法提取蒜头果果壳、果皮中的粗脂肪,通过正交试验法优选索式提取的最佳条件,建立了一种快速提取蒜头果果壳、果皮中粗脂肪的方法,为进一步提高蒜头果的综合开发利用价值提供了广泛的应用价值和经济效益。

4 结论

已有文献资料报道,蒜头果果油大多从果仁中提取。该

试验首次采用索氏提取法提取蒜头果果壳、果皮中的粗脂肪,探讨了不同浸泡时间、提取温度、提取时间下的粗脂肪提取率。对粗脂肪提取率进行方差分析和极差分析,结果表明浸泡时间对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率的影响最大,而提取时间对蒜头果果壳、果皮粗脂肪提取率的影响最小。采用正交试验法优选蒜头果果壳、果皮的最佳工艺条件:果壳为浸泡时间 6 h、提取温度 90 ℃、提取时间 12 h;果皮为浸泡时间 30 h、提取温度 90 ℃、提取时间 12 h。分别在最佳工艺条件下进行了验证,结果发现从蒜头果果壳和果皮提取粗脂肪的得油率分别为 6.47% 和 6.60%,该试验提取工艺稳定、可行,为提高蒜头果的综合开发利用奠定了基础。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第 24 卷[M]. 北京: 科学出版社,1988:34.
- [2] 国家环境保护局,中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危保护植物名录[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [3] 李树刚. 油料植物一新属——蒜头果属[J]. 东北林学院植物研究室汇刊,1980(6):67-72.
- [4] 徐德兵,陈福,郭晓春,等. 珍稀濒危植物蒜头果资源保护与产业化发展瓶颈研究[J]. 林业经济问题,2018,38(3):13-19.
- [5] 王性炎,樊金桂,王妹清. 中国含神经酸植物开发利用研究[J]. 中国油脂,2006,31(3):69-71.
- [6] 周立勇,侯镜德,樊华. 气相色谱法测定口服液中神经酸的含量[J]. 色谱,1999,17(3):306-307.
- [7] 刘玉兰. 油脂浸出技术的发展[J]. 中国油脂,2005,30(1):23-26.
- [8] 赵国志,刘喜亮,刘智锋. 浸出制油技术开发动向[J]. 粮食与油脂,2007(4):1-7.
- [9] 徐永斌,邓攀博,季祥. 葡萄籽油制取工艺及产品的应用开发[J]. 园艺与种苗,2011(5):96-98.
- [10] 张茜,谭瑜,李雁群,等. GC-MS 测定蒜头果油中的脂肪酸含量[J]. 安徽农业科学,2016,44(5):15-17.
- [11] DUFAURE C, LEYRIS J, RIGAL L, et al. A twin-screw extruder for oil extraction. I. Direct expression of oleic sunflower seeds[J]. J Am Oil Chem Soc, 1999, 76(9): 1073-1079.
- [12] 李智勇. 双螺旋低温核桃仁榨油机研制成功[J]. 农业技术与装备, 2013(9):82.
- [13] 刘大川,刘金波,刘晓琴,等. LYZX34 型适温/低温螺旋榨油机的研制[J]. 中国油脂,2013,38(4):75-78.
- [14] 郭茂道,陈煜强,毕明珠,等. 十五碳内酯的简易合成法[J]. 化学学报, 1987,45(12):1217-1218.
- [15] 刘祥义,叶志恒,胡翔飞,等. 蒜头果挥发油化学成分研究[J]. 云南化工,2019,46(8):73-74.
- [16] 刘雄民,李伟光,李飘英,等. 蒜头果挥发油提取及化学成分分析[J]. 应用化学,2007,24(8):968-970.
- [17] 唐婷范,刘雄民,郭占京,等. 蒜头果木质素提取及成分分析[J]. 精细化工,2013,30(5):591-594.
- [18] 黄开响,赖家业,袁霞,等. 蒜头果叶挥发油提取工艺及其成分分析研究[J]. 广西大学学报(自然科学版),2008,33(S1):88-91.
- [19] DE CASTRO M D L, GARÇIA-AYUSO L E. Soxhlet extraction of solid materials: An outdated technique with a promising innovative future[J]. Analytica chimica acta, 1998, 369(1/2): 1-10.
- [20] 李化,陈丽,唐琳,等. 西南部分地区麻疯树种子油的理化性质及脂肪酸组成分析[J]. 应用与环境生物学报,2006,12(5):643-646.
- [21] 甘秀海,梁志远,赵超,等. 油茶籽油和茶籽油的提取及其品质特性[J]. 贵州农业科学,2015,43(9):181-185.
- [22] WARRA A A, LEYE B, ABUBAKAR F, et al. Physico-chemical analysis and soap production from hexane extract of two varieties of sesame seed (*Sesamum indicum* L.) oil[J]. Scientia agriculturae bohemia, 2016, 16(3): 83-88.
- [23] 马爱萍,邵群,孙志宾,等. 3 种测定大豆种子脂肪含量方法的比较研究[J]. 河南农业科学,2011,40(3):62-64.
- [24] 丁俊峰,曹建华,林建超,等. 正交试验法优选蒜头果油的动态提取工艺条件[J]. 江西师范大学学报(自然科学版),2008,32(3):269-272.
- [25] 赵丽华,郑毅,刁毅,等. 正交法优化牛油果种子粗脂肪提取工艺[J]. 食品工业,2019,40(3):118-122.