

高良姜中高良姜素的提取工艺优化及其抗氧化活性研究

冯真英¹, 李泽森², 陈丹¹, 彭素娟¹, 李观同¹, 孙玉香¹, 周中流^{2*} (1. 广东医科大学附属第二医院, 广东湛江 524001; 2. 岭南师范学院, 广东湛江 524048)

摘要: **目的** 优化超声提取高良姜中高良姜素的工艺条件并测定高良姜素的抗氧化活性。**方法** 采用高效液相色谱法对高良姜素进行定量分析。以高良姜醇提液中高良姜素的含量为指标, 通过单因素试验考察乙醇浓度、提取时间以及高良姜与乙醇的料液比对高良姜素含量的影响, 通过正交试验筛选最佳提取工艺条件。抗氧化活性实验进行DPPH和ABTS自由基清除能力测定及铁离子还原能力测定。**结果** 最优提取工艺为1:35料液比, 70%乙醇浓度, 超声提取1 h。在此条件下进行提取, 高良姜素平均含量为1.06%, 相对标准偏差为1.30%。在0.05~0.5 g/L浓度内, 高良姜素对DPPH、ABTS的清除率及对铁离子的还原能力均随着浓度的增加而升高。**结论** 优化高良姜素提取工艺简单可行; 高良姜素具有一定的抗氧化活性。

关键词: 高良姜素; 超声提取; 单因素试验; 正交试验; 抗氧化

中图分类号: TQ 464

文献标志码: A

文章编号: 2096-3610 (2023) 04-0373-06

Extraction process optimization of galangin from galangal and its antioxidant activity

FENG Zhen-ying¹, LI Ze-seng², CHEN Dan¹, PENG Su-juan¹, LI Guan-tong¹, SUN Yu-xiang¹, ZHOU Zhong-liu^{2*} (1. The Second Affiliated Hospital of Guangdong Medical University, Zhanjiang 524001, China; 2. Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China)

Abstract: **Objective** To optimize the process conditions for the extraction of galangin from galangal by ultrasound and to determine the antioxidant activity of galangin. **Methods** High performance liquid chromatography (HPLC) was used for the quantitative analysis of galangin. With the content of galangin in Galangal alcohol extract as an indicator, the effects of ethanol concentration, extraction time and the solid-to-liquid ratio of galangal to ethanol on the content of galangin were investigated by single-factor tests, and the optimum extraction process conditions were screened by orthogonal tests. Antioxidant activity assay was carried out to determine the DPPH and ABTS radical scavenging capacity as well as the ferric ion reducing capacity. **Results** The optimal extraction process conditions included a 1:35 stock-to-liquid ratio, 70% ethanol concentration and 1 h ultrasonic extraction, under which the extraction could achieve a mean galangin content of 1.06% with a relative standard deviation of 1.30%. The scavenging capacity of galangin for DPPH and ABTS radicals and the ferric ion reducing capacity of galangin increased with the increase of concentration. **Conclusion** The optimization of galangin extraction process is simple and feasible; Galangin has certain antioxidant activity.

Key words: galangin; ultrasonic extraction; single-factor test; orthogonal test; antioxidant

高良姜 (*Alpinia officinarum* Hance) 又称高凉姜, 为姜科山姜属植物的干燥根茎。我国高良姜主要分布于华南地区, 在广东、广西、海南、云南和台湾等都有种植, 其中产量和质量都以广东省湛江市徐闻县的高良姜为最。高良姜最早被记载于《名医别录》, 谓其可“主暴冷, 胃中逆冷, 霍乱腹痛”^[1-2]。《中华人民共和国药

典》中对高良姜的描述为性热、味辛, 具有温胃止呕、散寒止痛的功效, 可用于脘腹冷痛、胃寒呕吐、暖气吞酸^[3]。高良姜化学物质复杂, 成分多样, 主要有挥发油类、黄酮类、二苯基庚烷类、糖苷类、苯丙素类、有机酸、内酯和甾体等成分, 此外还含有多种微量元素^[4]。高良姜素化学名为 3,5,7- 三羟基黄酮, 是高良姜主要的黄

收稿日期: 2023-01-13

基金项目: 湛江市科技计划项目 (2022A01111), 广东省重点学科科研项目 (2019-GDXK-0025、2021ZDJS035)

作者简介: 冯真英 (1980-), 女, 本科, 副主任药师, E-mail: 846935821@qq.com

通信作者: 周中流, 博士, 教授, E-mail: zhou11zhong99@sohu.com

酮类化学成分之一。现代药理研究表明,高良姜素具有抗癌、抗菌、抗炎、抗过敏、抗肥胖、抗缺氧、调节平滑肌收缩等药理活性,此外还有抗氧化和清除自由基的作用。近年来,随着国家对中药、天然药物创新研究的大力支持,植物中生物类黄酮因其具有治疗或预防多种疾病的潜力而被广泛关注。目前,高良姜作为高良姜素主要来源之一的农作物,已被广泛应用于食品、药品和保健品之中。高良姜素作为高良姜的质量控制成分,具有重要的研究价值。高良姜素的提取工艺和抗氧化活性研究为其纯化工艺的探索以及进一步的药理研究提供实验基础。

1 材料和方法

1.1 试剂与药品

乙腈和甲醇(天津市四友精细化学品有限公司,色谱纯);无水乙醇(国药集团化学试剂有限公司,分析纯);磷酸(广州和为化工有限公司,分析纯);纯净水(广州屈臣氏食品饮料有限公司);高良姜素对照品(成都曼思特生物科技有限公司,纯度 $\geq 98\%$);高良姜药材[广东丰晒良姜有限公司(徐闻)];DPPH及ABTS标准品(北京索莱宝科技有限公司,纯度 $\geq 98\%$);过硫酸钾(天津市百世化工有限公司,分析纯);磷酸氢二钠和磷酸二氢钠(国药集团化学试剂有限公司,分析纯);铁氰化钾和三氯乙酸(天津市永大化学试剂有限公司,分析纯);三氯化铁(国药集团化学试剂有限公司,分析纯)。

1.2 仪器

DFY-500D型摇摆式高速中药粉碎机(温岭市林大机械有限公司),ME55型电子分析天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司],KQ-700E型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),L600-1型普析高效液相色谱仪和T9型紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)。

1.3 含量测定方法的建立

1.3.1 色谱条件 色谱柱: Hypersil BDS C_{18} (4.6 mm $\times$ 250 mm, 5 μ m); 流动相: 乙腈-0.2% 磷酸水溶液 (57:43); 流速: 1.0 mL/min; 检测波长: 266 nm; 柱温: 30 $^{\circ}$ C; 进样量: 20 μ L。

1.3.2 对照品溶液的制备 电子分析天平精密称取高良姜素 5.8 mg, 加入 50 mL 容量瓶, 甲醇溶剂定容, 翻转摇匀, 得高良姜素对照品贮备溶液 (116 mg/L)。移液管精密吸取高良姜素对照品贮备液 1 mL, 加入 10 mL 容量瓶中, 甲醇溶剂定容, 翻转摇匀, 即得。

1.3.3 供试品溶液的制备 高良姜药材经中药粉碎机粉碎后过 60 目筛于阴凉干燥处保存备用。称取高良姜药材粉末约 1.0 g, 将精密称定好的高良姜药材粉末置于干净的具塞锥形瓶中, 根据试验条件加入乙醇溶剂, 称定质量, 锥形瓶用黑色塑料袋包裹避光, 放入超声机超声提取, 待提取完成冷却至室温后需再次称定质量, 用相应浓度的乙醇补足损失的重量, 摇匀, 过滤得醇提液。取 1 mL 醇提液置于 10 mL 容量瓶, 用无水乙醇稀释定容后过 0.45 μ m 微孔滤膜, 取续滤液, 即得待测供试品溶液。

1.4 方法学考察

1.4.1 线性关系考察 分别精密吸取高良姜素对照品贮备液 0.1、0.2、0.4、0.8、1.6、3.2、4.8、6.4、8.0 mL, 置 10 mL 容量瓶中, 用甲醇定容至刻度, 摇匀, 即得浓度为 1.16、2.32、4.64、9.28、18.56、37.12、55.68、74.24、92.80、116.00 mg/L 对照品溶液。取上述溶液各 20 μ L 按浓度从低至高的顺序分别进样分析, 记录对应浓度的峰面积, 以样品测得峰面积数值 (Y) 为纵坐标, 样品进样的不同浓度 (X) 为横坐标作图, 计算对照品溶液的线性回归方程及相关系数。

1.4.2 精密度试验 取配置好的高良姜素对照品溶液, 按照“1.3.1”色谱条件连续进样 6 次, 记录峰面积, 计算相对标准偏差 (RSD)。

1.4.3 重复性试验 取粉碎好的高良姜药材粉末, 按照“1.3.3”方法在同一条件下制备 6 份供试品, 按照“1.3.1”色谱条件分别进样检测, 记录峰面积, 计算 RSD。

1.4.4 稳定性试验 取粉碎好的高良姜药材粉末, 按照“1.3.3”方法在同一条件下制备供试品, 测量其在室温下放置 0、4、8、12、18、24 h 后的含量, 记录峰面积, 计算 RSD。

1.4.5 加样回收试验 精密称取高良姜药材粉末约 0.5 g, 按照“1.3.3”方法在同一条件下提取样品, 取尚未稀释的提取液 1 mL 置 10 mL 容量瓶中, 并加入高良姜素溶液 1 mL (182 mg/L), 用无水乙醇定容, 摇匀。以同样的操作方法制备 6 份供试液, 分别进样测定, 记录峰面积, 计算加样回收率及 RSD。

1.5 单因素实验

1.5.1 提取时间对高良姜素含量的影响 称取 1.0 g 高良姜粉末 4 份, 全部精密称定。固定料液比和乙醇浓度, 即统一加入 20 倍量 80% 的乙醇, 分别在超声机中超声提取 0.5、1.0、1.5、2.0 h, 提取结束分别对 4 份醇提液中高良姜素的含量进行测定。

1.5.2 乙醇浓度对高良姜素含量的影响 称取 1.0 g 高良姜粉末 4 份,全部精密称定。固定料液比和提取时间,即向 1~4 号样品中分别加入 20 倍量的 40%、60%、80%、100% 乙醇,统一放置于超声机中超声提取 1 h,提取结束后对 4 份醇提液中高良姜素的含量进行测定。

1.5.3 料液比对高良姜素含量的影响 称取 1.0 g 高良姜粉末 4 份,全部精密称定。固定乙醇浓度和提取时间,即向 1~4 号样品中分别加入 10、20、30、40 mL 80% 乙醇,统一置于超声机中超声提取 1 h,提取结束后对 4 份醇提液中高良姜素的含量进行测定。

1.6 正交试验

按照 $L_9(3^4)$ 正交设计安排试验,因素水平见表 1。

表 1 因素水平表

水平	A 提取时间/h	B 乙醇浓度/%	C 料液比/(g/mL)
1	1	70	30
2	1.5	80	35
3	2	90	40

1.7 抗氧化活性测定

1.7.1 DPPH 自由基清除能力测定 参考文献[5]的方法,用分析天平称取一定量的 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼溶于无水乙醇,配制浓度为 0.2 mol/L 的 DPPH-乙醇溶液,高良姜素和维生素 C 对照品溶于无水乙醇配制成 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 g/L 待测液。分别取待测液和 DPPH-乙醇溶液按 1:1 体积加入试管,混合均匀,避光反应 30 min 后采用紫外可见分光光度计在波长为 517 nm 位置进行吸光度测定,以无水乙醇进行调零,做 3 次平行实验,取平均值,按照清除率公式计算 DPPH 自由基清除率:

$$\text{DPPH 清除率} = \left[1 - \frac{A_t - A_c}{A_c} \right] \times 100\%$$

A_c : 无水乙醇与 DPPH 乙醇溶液反应的吸光度值;

A_t : 待测液与 DPPH 乙醇溶液反应的吸光度值;

A_i : 无水乙醇与待测液反应吸光度值。

1.7.2 ABTS 自由基阳离子清除能力测定 参考文献[6]的方法,用分析天平称取一定量的 ABTS 和过硫酸钾,溶于超纯水,分别配制成 7.4 mmol/L ABTS 溶液和 2.6 mmol/L 过硫酸钾溶液。取 ABTS 溶液和过硫酸钾溶液等体积混合均匀,在室温条件下避光静置 16 h,然后用无水乙醇将混合液稀释,使其在 734 nm 处的吸光度为 0.70 ± 0.02 ,作为工作液;取 0.2 mL 不同浓度的待测液至试管中,加入 2 mL 工作液,混合均匀,避

光静置 10 min,在 734 nm 处测定吸光度。做 3 次平行实验,取平均值,按公式计算 ABTS 自由基清除率:

$$\text{ABTS 清除率} = \left[\frac{A_0 - A}{A_0} \right] \times 100\%$$

A_0 : ABTS 工作液与无水乙醇反应的吸光度值;

A : ABTS 工作液与待测液反应的吸光度值。

1.7.3 铁离子还原能力测定 参考文献[7]的方法,分别吸取 2 mL 不同浓度的待测液加入 6 支试管;再向每支试管分别加入磷酸盐缓冲液 (0.2 mol/L, pH6.6) 及 1% 铁氰化钾溶液各 2 mL,振荡混匀并于 50 °C 水浴 20 min,置于冰盆中快速冷却终止反应,各加入 2 mL 10% 三氯乙酸溶液,轻轻振荡混合均匀,各取 2 mL 置于 6 支新试管,再向新试管中分别加入 2 mL 蒸馏水和 0.5 mL 0.1% 三氯化铁溶液,26 °C 静置 10 min。以不添加待测液的反应液为空白对照调零,700 nm 处测定吸光度,做 3 次平行实验,取平均值,以吸光度大小比较铁离子还原能力。

2 结果

2.1 方法学考察

2.1.1 线性关系 以样品测得峰面积数值 (Y) 及样品进样的不同浓度 (X) 得到高良姜素的回归方程: $Y = 80640X - 2498.4$, 相关系数 $R = 0.9995$, 线性范围为 1.16~116 $\mu\text{g}/(\text{mL} \cdot \text{L}^{-1})$ 。

2.1.2 精密度试验 试验 6 次进样的峰面积分别为 1514088.1、1526483.7、1540053.1、1568295.1、1532736.7、1478214.5 mAU, RSD 为 1.96%。

2.1.3 重复性试验 试验 6 次进样的峰面积分别为 2130006.1、2117021.4、2143557.3、2152633.7、2129107.3、2160010.1 mAU, RSD 为 0.76%。

2.1.4 稳定性试验 试验 6 次进样的峰面积分别为 2184780.6、2244097.8、2230378.7、2277610.7、2188634.0、2160010.1 mAU, RSD 为 1.58%。

2.1.5 加样回收试验 加样回收试验结果见表 2,平均回收率为 98.07%, RSD 值为 2.12%,表明此方法具有较高的准确度。

表 2 加样回收率试验结果

序号	原有含量/ μg	加入量/ μg	测得量/ μg	回收率/%
1	169	182	342	95.05
2	169	182	347	97.68
3	169	182	354	101.43
4	169	182	348	98.58
5	169	182	346	97.26
6	169	182	348	98.44

2.2 单因素试验

2.2.1 提取时间 由图1可知,在0.5~1.5 h这个区间高良姜素的含量随着提取时间的延长而增加,而在提取2 h后高良姜素反而有所下降。单因素试验中高良姜素的含量在1.5 h达到最大值,因此选择优化的提取时间范围为1.0~2.0 h。

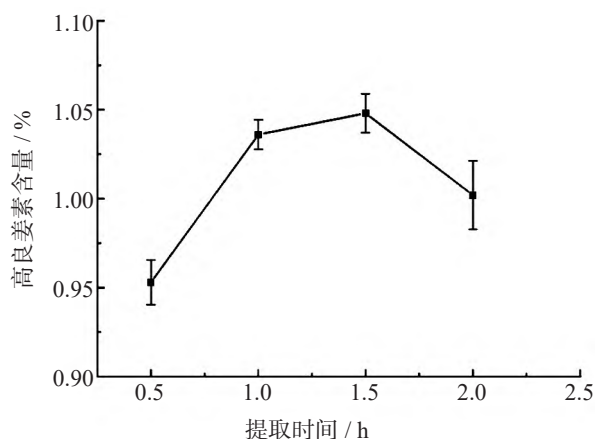


图1 不同提取时间对高良姜素含量的影响 ($n=3$)

2.2.2 乙醇浓度 由图2可知,高良姜素的含量随着乙醇浓度的增加而升高,在40%~80%增长较为明显,而在80%和无水乙醇中含量非常相近,因此选择优化的乙醇浓度范围为70%~90%。

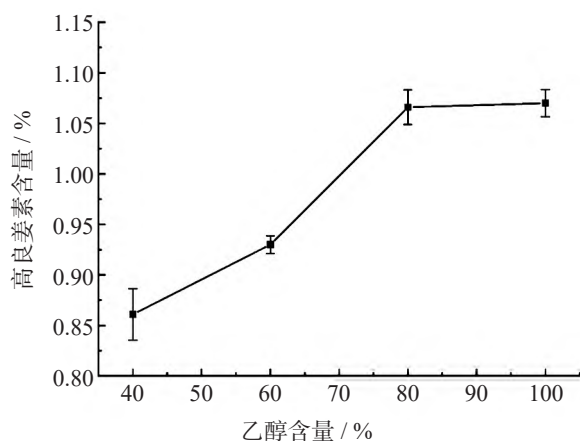


图2 不同乙醇浓度对高良姜素含量的影响 ($n=3$)

2.2.3 料液比 由图3可知,随着乙醇溶剂用量的增大,高良姜素含量也逐渐增加,在1:30后含量相差不大。因此选择优化的料液比范围为1:30~1:40。

2.3 正交试验

根据正交试验结果(表3)中极差分析可知,3个因素对高良姜素含量的影响程度先后顺序为C>A>B,即料液比>提取时间>乙醇浓度。最优方案为 $C_2A_3B_3$,即35倍量90%乙醇,超声提取2 h。根据正交试验方差分析结果(表4)可知,料液比(C)对高良姜素的含

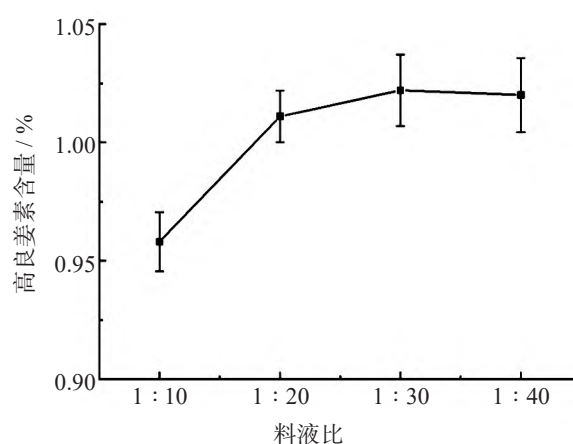


图3 不同料液比对高良姜素含量的影响 ($n=3, \bar{x} \pm s$)

量有显著影响($P<0.05$)。各因素对超声提取高良姜素的影响从大到小依次是料液比>乙醇浓度>提取时间。正交试验优选的结果为 $C_2B_3A_3$ 。但是,由于A因素和B因素对高良姜素含量的影响差异无统计学意义($P>0.05$),见表4,所以从经济和效率角度考虑,选择最优方案为 $C_2A_1B_1$,即料液比为1:35,乙醇浓度为70%,超声提取时间为1 h。

表3 正交试验结果

试验号	因素				高良姜素含量/%
	A	B	C	D(空白)	
1	1	1	1	1	0.916
2	1	2	2	2	1.006
3	1	3	3	3	1.012
4	2	1	2	3	1.002
5	2	2	3	1	0.983
6	2	3	1	2	0.993
7	3	1	3	2	1.032
8	3	2	1	3	0.966
9	3	3	2	1	1.103
k_1	0.978	0.983	0.958	1.001	—
k_2	0.993	0.985	1.037	1.010	—
k_3	1.034	1.036	1.009	0.993	—
R	0.056	0.053	0.079	0.017	—

表4 方差分析表

方差来源	离差平方和	自由度	均方	F值	P值
A	0.005018	2	0.00251	11.4607	>0.05
B	0.005368	2	0.00268	12.2593	>0.05
C	0.009655	2	0.00483	22.0515	<0.05
误差D	0.000438	2	0.00022	—	—

2.4 验证试验

根据正交试验分析结果对其进行验证,以最优提取工艺提取,进行3次平行实验,分别测得高良姜素含量为1.07%、1.05%、1.04%,平均为1.06%,RSD为

1.30%。

2.5 体外抗氧化活性

2.5.1 DPPH 自由基清除能力 高良姜素对DPPH 自由基的清除作用具有量效关系,在 0.05~0.5 g/L 质量浓度内,随着质量浓度升高,高良姜素和维生素C 对 DPPH 的清除率随之升高。高浓度的高良姜素清除能力与维生素C 相似,都能超过 90%。见图 4。

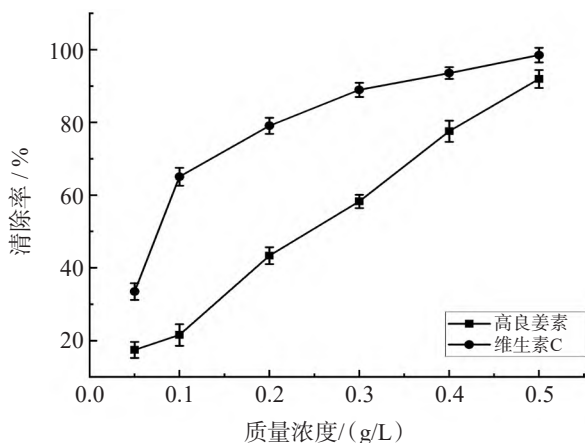


图4 高良姜素的DPPH 自由基清除能力($n=3$)

2.5.2 ABTS 自由基阳离子清除能力 高良姜素对ABTS 自由基具有较好的清除效果,且具有量效关系,在实验浓度范围内随着质量浓度的增高而增强,但同一质量浓度下其清除能力仍弱于维生素C,见图 5。

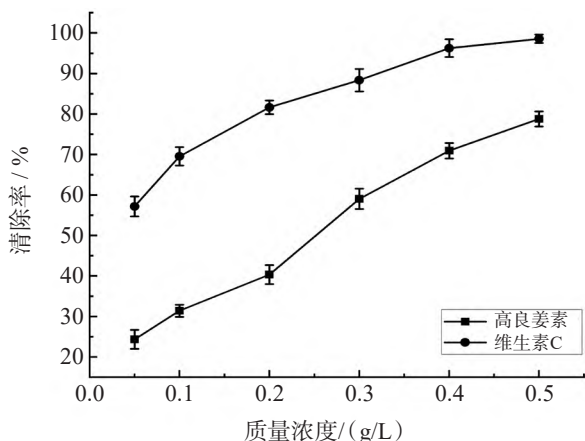


图5 高良姜素的ABTS 自由基清除能力($n=3$)

2.5.3 铁离子还原能力 高良姜素对铁离子的还原能力随着质量浓度的升高而增大,但仍弱于维生素C,见图 6。

3 结论

高良姜是一种常见的药食兼用姜科山姜属植物,所含化学成分很多。高良姜素为高良姜中含量较高的物质之一,是 2020 年版《中国药典》中作为高良姜含

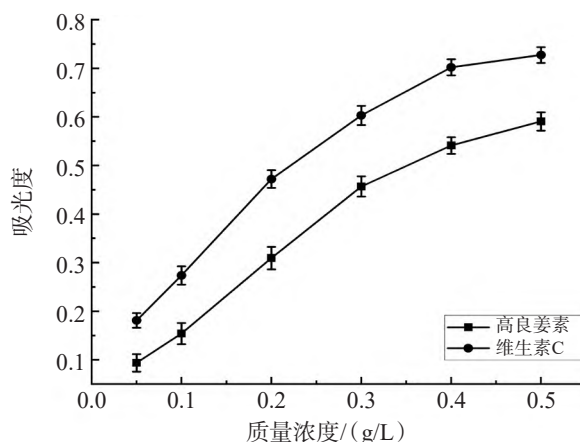


图6 高良姜素的铁离子能力($n=3$)

量检测的指标性物质。本研究以高良姜素含量为检测指标,采用正交试验设计考察高良姜素的最佳提取工艺,含量越高说明提取效果越好。

高良姜素为黄酮类化合物,纯的高良姜素为淡黄色结晶粉末,分子量小、极性低、不溶于水,易溶于甲醇、乙醇、乙醚等有机溶剂^[8]。因此本实验采用醇提取的方式,利用超声波辅助提取,同时在考察单因素之后进行正交试验分析,结果表明最优提取工艺如下:料液比为 1 : 35,超声提取时间为 1 h,乙醇浓度含量为 70%。在验证试验中高良姜素平均含量为 1.06%,RSD 值为 1.30%,该结果可为高良姜素分离纯化的前期提取工作提供参考。本实验所测得的高良姜素含量与以往一些文献报道的研究成果存在一定的差异,可能是由设备差异以及高良姜产地不同所引起的^[9-10]。Jiao 等^[11]建立了不同产地的高良姜指纹图谱,结果表明不同产地的高良姜在物质含量上都存在一定的差异。这可能会导致相同的条件下不同因素之间产生的交互作用存在差异。

在抗氧化活性实验中,高良姜素表现出一定的抗氧化活性,并且在实验浓度范围内呈量效关系。本实验对高良姜素抗氧化活性的研究可为今后对高良姜中活性物质的筛选提供参考。

参考文献:

- [1] 蓝晓彤,朱俊霞,钟小美. 南药高良姜药名释义[J]. 中医文献杂志, 2020, 38(1): 16-19.
- [2] 李鹏帆,顾思臻,陈侃俊,等. 香附-高良姜药对应用探微[J]. 西部中医药, 2021, 34(5): 11-13.
- [3] 药典委员会. 中华人民共和国药典(一部 2020 版) [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [4] 周改莲,辛宁,黄陆良. 高良姜的化学成分研究[J]. 时珍国医

(下转第 382 页)

- 状及趋势分析[J]. 肿瘤预防与治疗, 2021, 34(7): 655-663.
- [9] 曹毛毛, 陈万青. 中国恶性肿瘤流行情况及防控现状[J]. 中国肿瘤临床, 2019, 46(3): 145-149.
- [10] 朱文, 周清华. 肺癌病因学和遗传易感性研究进展[J]. 中国肺癌杂志, 2005, 8(5): 385-389.
- [11] 孟祥鹿, 幸子健, 卢山. 基于深度学习的肺结节分类分割算法及其在不同CT重建算法下的效能评估[J]. 中华医学杂志, 2021, 101(7): 476-480.
- [12] 王城, 王春梅, 郭心爱, 等. 11C-胆碱与18F-FDG双时相PET/CT显像结合高分辨率CT在孤立性肺结节鉴别诊断中的应用[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2017, 41(5): 325-330, 346.
- [13] HAN Y, KIM H J, KONG K A, et al. Diagnosis of small pulmonary lesions by transbronchial lung biopsy with radial endobronchial ultrasound and virtual bronchoscopic navigation versus CT-guided transthoracic needle biopsy: A systematic review and Meta-analysis[J]. PLoS One, 2018, 13(1): 1-17.
- [14] 陈颖, 朱明华. 液态活检技术的发展及肿瘤领域的应用[J]. 分子诊断与治疗杂志, 2015(6): 361-366.
- [15] 熊光冰, 王敏, 朱峰, 等. 液态活检在胰腺癌早期诊断中的作用[J]. 临床外科杂志, 2021, 29(7): 679-683.
- [16] KATZ R L, ZAIDI T M, PUJARA D, et al. Identification of circulating tumor cells using 4-color fluorescence in situ hybridization: Validation of a noninvasive aid for ruling out lung cancer in patients with low-dose computed tomography-detected lung nodules[J]. Cancer Cytopathology, 2020, 128(8): 553-562.
- [17] 蒋仲敏, 林殿杰, 叶莘, 等. 循环肿瘤细胞、循环染色体异常细胞与肺癌早期诊断[J]. 精准医学杂志, 2020, 35(2): 95-99.
- [18] 姚汉清, 朱慕云, 姜正华, 等. 多色荧光原位杂交(M-FISH)在肺癌早期诊断中的应用[J]. 医药论坛杂志, 2012, 33(12): 1-2.
- [19] 陆舜. 肺癌未来几年的热点问题[J]. 肿瘤学杂志, 2022, 28(1): 3.

~~~~~  
(上接第377页)

- 国药, 2008(6): 1376-1378.
- [5] 章文. 高良姜茎叶总黄酮的提取、分离纯化及生物活性研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2019.
- [6] 邱维. 蜂胶有效成分提取及抗氧化活性研究[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2019.
- [7] 杨红文, 彭福润. 纤维素酶法提取金银花中绿原酸工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(4): 64-69.
- [8] 康爱荣, 闫明, 彭英, 等. 高良姜中高良姜素的醇提和纯化工工艺研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2011, 18(5): 44-46.
- [9] 马小青, 罗焱, 杨敏, 等. 不同产地高良姜的质量分析及其抗肿瘤活性部位筛选[J]. 中南药学, 2017, 15(9): 1241-1245.
- [10] 林萍, 王海霞, 周文婷, 等. 生长年限及环境因素对高良姜中高良姜素动态积累的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(14): 88-90.
- [11] JIAO H Y, XU S M, FAN C L, et al. Chromatographic fingerprint analysis and quantitative evaluate the rhizomes of *Alpinia officinarum* Hance (lesser galangal) [J]. J Chin Pharm Sci, 2019, 28(10): 728-738.