



引用格式:宋丽丽,李科娜,杨旭,等.小黄姜精油提取工艺优化、成分分析及其生物活性研究[J].轻工学报,2020,35(5):7-15.

中图分类号:TS201.1 文献标识码:A

DOI:10.12187/2020.05.002

文章编号:2096-1553(2020)05-0007-09

小黄姜精油提取工艺优化、成分分析及其生物活性研究

Study on the optimization of extraction process, composition analysis and biological activity of essential oil from *Zingiber officinale* Roscoe

宋丽丽,李科娜,杨旭,张志平,马歌丽

SONG Lili, LI Kena, YANG Xu, ZHANG Zhiping, MA Geli

郑州轻工业大学 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001

College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China

关键词:

小黄姜;精油;同时蒸馏萃取;抗氧化活性;抑菌活性

Key words:

Zingiber officinale
Roscoe; essential oil;
simultaneous-distillation
and solvent extraction;
antioxidant activity;
antibacterial activity

摘要:以小黄姜为原料,采用同时蒸馏萃取法提取小黄姜精油,通过单因素试验和正交试验获得小黄姜精油的最佳提取工艺,利用 GC-MS 分析其化学成分,并对其抗氧化活性和抑菌活性进行研究.结果表明:小黄姜精油的最佳提取工艺条件为料液比 1:24,蒸馏时间 2.5 h,浸泡时间 1.5 h,在此条件下,小黄姜精油的提取率为 2.70%;小黄姜精油中共检测出 58 种化学成分,相对含量在 0.50% 以上的挥发性化学成分有 20 种,其中,姜烯含量最高,为 27.14%,其次是 β -倍半水芹烯、 α -金合欢烯和 β -水芹烯;小黄姜精油对 ABTS 自由基和 DPPH 自由基均具有较强的清除能力,其 IC₅₀ 分别为 0.450 5 mg/mL 和 0.703 7 mg/mL;与市售姜精油相比,小黄姜精油显示出更强的抑菌性能,在抑制大肠杆菌(革兰氏阴性菌)方面更具优势.

收稿日期:2020-05-11

基金项目:国家自然科学基金项目(31801535);郑州轻工业大学博士基金项目(2013BSJJ005)

作者简介:宋丽丽(1987—),女,河南省信阳市人,郑州轻工业大学讲师,博士,主要研究方向为食品生物技术.

Abstract: *Zingiber officinale* Roscoe was used as materials to extracting the essential oil by simultaneous-distillation and solvent extraction. Single factor test and orthogonal test were carried out to obtain optimal conditions. The composition of essential oils was analyzed by GC-MS, and antibacterial activity and antioxidant activity of the essential oil were further studied. Results showed that the optimal process conditions of *Zingiber officinale* Roscoe essential oil were 1 : 24 solid-liquid ration, 2.5 h extraction time and 1.5 h soaking time, and the yield of essential oil was 2.70%. A total of 58 chemical components were detected in the essential oil of *Zingiber officinale* Roscoe, and there were 20 kinds of volatile chemical components with a relative percentage of more than 0.50%. Among them, the content of Zingiberene was the highest, which was 27.14%, followed by β -sesquiphellandrene, α -farnesene and β -phellandrene. Meanwhile, essential oil had significant scavenging effect on ABTS radicals and DPPH radicals, the IC₅₀ were 0.450 5 mg/mL and 0.703 7 mg/mL, respectively. Compared with the commercial ginger essential oil, the *Zingiber officinale* Roscoe essential oil had stronger antibacterial effect, which had more advantages in inhibiting *Escherichia coli* (Gram-negative bacteria).

0 引言

姜 (*Zingiber officinale* Roscoe), 又称百辣云、鲜生姜、姜根等, 作为常见的香辛类蔬菜, 具有药食同源的功效。姜中含有姜精油、姜多糖、糖蛋白、黄酮类等多种活性物质^[1], 具有抗肿瘤、消炎解暑、杀菌消毒、开胃健脾等多种保健功能^[2]。此外, 姜作为抗氧化香料还被广泛应用于食品保鲜, 以防止食品变质、腐败等。姜有小种姜、大种姜、山姜(野姜)等品种, 药用以小种姜最好。小种姜习惯上称为“小黄姜”, 与普通姜相比, 小黄姜个头小, 肉质紧实, 各种生物活性成分(如姜辣素、姜多糖等)含量更高^[2-3]。S. Abhishek 等^[4]研究了 9 种姜的理化性质和抗氧化活性, 发现个头越小的姜, 其抗氧化活性越强。因此, 与普通姜相比, 小黄姜更具食药价值与研究价值。

精油是一系列碳氢化合物、萜类、酚类和醛类组成的混合物^[5]。精油的成分和功效根据植物提取部位和种类的不同而有所不同^[6]。精油作为天然活性成分, 具有无毒、无污染、生物活性高、抑菌作用显著等优点, 被广泛应用于食品工业^[7]。精油的提取方法主要有压榨法、溶剂萃取法、水蒸气蒸馏法等传统方法, 以及同时蒸馏萃取 SDE (simultaneous-distillation and solvent

extraction) 法、超临界 CO₂ 萃取法、微波辅助萃取法、超声复合酶法等现代工艺方法^[8-9]。其中, SDE 法是近二十年发展起来的一种提取挥发性和半挥发性成分的分离方法, 其优点是将样品的水蒸气蒸馏和馏分的溶剂萃取两个过程合二为一, 与传统的水蒸气蒸馏法相比, 简化了实验步骤, 节约了溶剂, 并降低了样品在转移过程中的损失, 同时, 提取到的精油可直接进行 GC-MS 分析, 微量成分的萃取率较高^[10]。

姜的根茎含有大量的挥发性油分, 即姜精油, 呈透明、浅黄或金黄色, 具有姜的特征性芳香气味^[11]。姜精油组分不仅是姜的香气和部分风味的呈现者, 而且是姜的多种药理作用的主要功能因子, 如生姜酚、单萜、倍半萜、姜黄素、 β -榄香烯、 α -生姜烯等^[6,12]。目前, 对小黄姜精油深度开发的研究较少, 鉴于此, 本研究拟以小黄姜为原料, 采用 SDE 法提取小黄姜精油, 并对其提取工艺条件进行优化, 通过 GC-MS 分析小黄姜精油的化学成分, 进一步研究其抗氧化活性和抑菌活性, 以期后续小黄姜精油在食品防腐保鲜等领域的工业化应用提供参考, 同时为深度开发小黄姜食药价值提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

实验材料: 新鲜小黄姜, 购于云南当地菜市

场,清洗切片,50 ℃烘干 24 h,粉碎过 60 目筛,密封保存.

供试菌株:大肠杆菌、枯草芽孢杆菌,取自郑州轻工业大学食品生物工程学院实验室,4 ℃斜面保存.

主要试剂:LB 培养基、无水 Na_2SO_4 、乙醚、抗坏血酸(Vc)、 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$,上海国药集团产;2,2'-联氮双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐(ABTS)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),阿拉丁试剂有限公司产.以上试剂均为分析纯.

1.2 仪器与设备

FW 100 型高速万能粉碎机,天津市泰斯特仪器有限公司产;HWS-24 型电热恒温水浴锅、DHG-9010 型电热鼓风干燥箱、LDZF-50 L型高压蒸汽灭菌锅,上海一恒科学仪器有限公司产;UV-1800 型紫外可见分光光度计,上海美谱达仪器有限公司产;SW-CJ-2D 型超净工作台,苏州净化设备有限公司产;Agilent 7890A-5975C 型高效气相色谱质谱仪,美国安捷伦科技公司产;ME204/02 型电子天平,上海舜宇恒平科学仪器有限公司产.

1.3 实验方法

1.3.1 小黄姜精油的提取

称取一定量的小黄姜粉末置于 1000 mL 圆底蒸馏烧瓶中,将 600 mL 去离子水和少量沸石置于同时蒸馏萃取装置水相端,电热套加热至水相微沸,另一端连接装有 60 mL 乙醚的圆底烧瓶,水浴锅加热至 60 ℃,进行同时蒸馏萃取.提取结束后,收集乙醚相,经无水 Na_2SO_4 干燥后,旋转蒸发浓缩至无有机相,得到具有生姜芳香气味的淡黄色油状物质,密封保存于 4 ℃冰箱中,备用.

参照陈培珍等^[13]的实验方法,精油提取率 Y 计算公式为

$$Y = \frac{m_1}{m} \times 100\%$$

其中, m 表示小黄姜原料的质量/g, m_1 表示小黄姜精油的质量/g.

1.3.2 小黄姜精油提取工艺的优化

在前期实验的基础上,以料液比、蒸馏时间和浸泡时间为考查因素,研究单因素条件下小黄姜精油的提取率,并以此为基础,设计正交试验以获得小黄姜精油提取的最佳工艺条件.

1.3.2.1 料液比的选择 分别称取 10 g, 15 g, 20 g, 25 g, 30 g 小黄姜粉末,置于 1000 mL 圆底蒸馏烧瓶中,加入少量沸石和 600 mL 去离子水,使得料液比分别为 1:60, 1:40, 1:30, 1:24, 1:20, 浸泡 1.0 h 后连接装置,进行同时蒸馏萃取 2 h,研究料液比对小黄姜精油提取率的影响.

1.3.2.2 蒸馏时间的选择 称取 20 g 小黄姜粉末,置于 1000 mL 圆底蒸馏烧瓶中,加入少量沸石和 600 mL 去离子水,浸泡 1.0 h 后连接装置,分别进行同时蒸馏萃取 1.0 h, 1.5 h, 2.0 h, 2.5 h, 3.0 h, 研究蒸馏时间对小黄姜精油提取率的影响.

1.3.2.3 浸泡时间的选择 称取 20 g 小黄姜粉末,置于 1000 mL 圆底蒸馏烧瓶中,加入少量沸石和 600 mL 去离子水,分别浸泡 0.5 h, 1.0 h, 1.5 h, 2.0 h, 2.5 h 后连接装置,进行同时蒸馏萃取 2.0 h, 研究浸泡时间对小黄姜精油提取率的影响.

1.3.2.4 正交试验方法 在单因素试验的基础上,以小黄姜精油提取率为考查指标,以料液比(A)、蒸馏时间(B)、浸泡时间(C)三因素设计 $L_9(3^3)$ 正交试验.正交试验因素水平如表 1 所示.

1.3.3 GC-MS 分析方法^[14-15]

气相色谱分析条件:色谱柱为 HP-5 (60 m × 250 μm × 0.25 μm) 毛细管柱,进样口温度为 250 ℃,分流比为 20:1,载气为 He,流速为 1 mL/min.升温程序:45 ℃ 保持 1 min;以

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素		
	A	B/h	C/h
1	1 : 30	2.0	1.0
2	1 : 24	2.5	1.5
3	1 : 20	3.0	2.0

5 ℃/min 的速度升至 120 ℃,保持 5 min;以 3 ℃/min 的速度升至 160 ℃,保持 2 min;以 4 ℃/min 的速度升至 250 ℃,保持 1 min.

质谱分析条件:采用电子轰击(EI)源进行分析,电离能为 70 eV,离子源温度为 230 ℃,质量扫描范围为 35 ~ 550 amu,溶剂延迟时间为 7 min. 利用 Nist 11 谱库对采集到的质谱图进行检索,并采用峰面积归一化法进行分析.

1.3.4 小黄姜精油抗氧化活性的研究方法

1.3.4.1 ABTS 自由基清除率的测定^[16]

ABTS⁺工作液的配制:于 200 mL 蒸馏水中加入 0.385 g ABTS 和 0.135 g K₂S₂O₄,混合均匀,于避光处静置 15 h 后,用体积分数为 95% 的乙醇将上述混合溶液稀释至 734 nm 波长下吸光度为(0.70 ± 0.01),即得 ABTS⁺工作液.

取 4 mL ABTS⁺工作液和 1 mL 不同质量浓度的小黄姜精油样品溶液混合均匀,避光反应 16 min 后,在 734 nm 波长下分别测其吸光度;用体积分数为 95% 的乙醇替代 ABTS⁺工作液作本底对照;用体积分数为 95% 的乙醇替代小黄姜精油样品溶液作空白对照;以不同质量浓度的 Vc 溶液作阳性对照. 小黄姜精油对 ABTS 自由基清除率的计算公式为

$$\text{自由基清除率} = \left(1 - \frac{A - A_0}{A_x}\right) \times 100\% \quad \text{①}$$

其中,A 表示精油反应管吸光度,A₀ 表示本底对照吸光度,A_x 表示空白对照吸光度.

1.3.4.2 DPPH 自由基清除率的测定^[17]

DPPH工作液的配制:准确称取 9.86 mg DPPH 固体粉末,溶于 100 mL 无水乙醇中,即得 DPPH

工作液,并于 4 ℃ 条件下避光保存.

取 1 mL 不同质量浓度的小黄姜精油样品溶液于试管中,加入 1 mL DPPH 工作液,混合均匀后,避光反应 30 min,在 517 nm 波长下分别测其吸光度;用无水乙醇替代 DPPH 工作液作本底对照;用无水乙醇替代小黄姜精油样品溶液作空白对照;以不同质量浓度的 Vc 溶液作阳性对照. 小黄姜精油对 DPPH 自由基清除率的计算公式同式①.

1.3.5 小黄姜精油抑菌活性的研究方法

1.3.5.1 菌种的活化^[18] 将大肠杆菌和枯草芽孢杆菌接种于 LB 斜面培养基中,于 37 ℃ 条件下培养 18 ~ 24 h;挑取一定量的菌株于 LB 液体培养基中,于 37 ℃ 条件下摇床培养 18 ~ 24 h;用质量分数为 0.9% 的无菌生理盐水制备菌悬液,并调整菌数为 1 × 10⁶ CFU/mL,备用.

1.3.5.2 抑菌活性的测定^[19-21] 采用滤纸片法:向培养基中倾注 20 mL LB 固体培养基,静置待其凝固后,吸取 100 μL 菌悬液均匀涂布于该培养基上;选用 1 号定性滤纸制备直径为 6 mm 的圆形滤纸片,灭菌备用;取灭菌滤纸片分别浸泡于市售姜精油和小黄姜精油中,待精油被滤纸片充分吸收后,均匀贴于涂布有菌悬液的 LB 培养基上,于 37 ℃ 条件下培养 24 h,采用十字交叉法测量抑菌圈的直径.

2 结果与分析

2.1 小黄姜精油提取工艺的优化结果分析

2.1.1 料液比的选择结果

料液比对小黄姜精油提取率的影响如图 1 所示. 由图 1 可以看出,随着料液比的增加,小黄姜精油的提取率呈先增加后减少的趋势. 当料液比为 1 : 24 时,小黄姜精油的提取率达到最大值,为 2.21%. 这可能是因为此时的小黄姜粉的细胞几乎完全破裂,精油充分游离出来,提取率达到峰值. 继续增加料液比,小黄姜精油

的提取率反而下降,表明当物料较多时,小黄姜粉未能充分润湿,反而不利于精油的提取. 因此,选择料液比 1 : 24 较为适宜.

2.1.2 蒸馏时间的选择结果

蒸馏时间对小黄姜精油提取率的影响如图 2 所示. 由图 2 可以看出,随着蒸馏时间的增加,小黄姜精油的提取率呈先增加后减少的趋势. 当蒸馏时间为 2.5 h 时,小黄姜精油的提取率最高,为 2.35%. 蒸馏时间过短,不利于精油的充分提取;而蒸馏时间过长,精油则易受热分解^[22]. 因此,选择蒸馏时间 2.5 h 较为适宜.

2.1.3 浸泡时间的选择结果

浸泡时间对小黄姜精油提取率的影响如

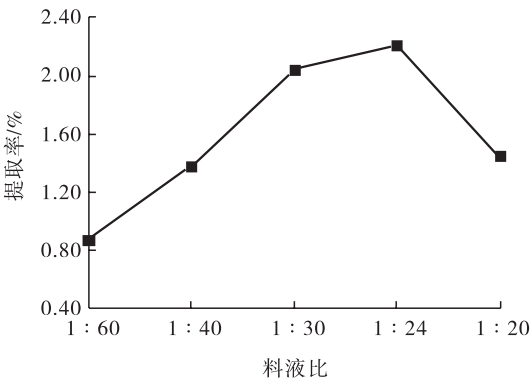


图 1 料液比对小黄姜精油提取率的影响

Fig.1 Effect of the rate of the material to solvent on *Zingiber officinale* Roscoe essential oil extraction rate

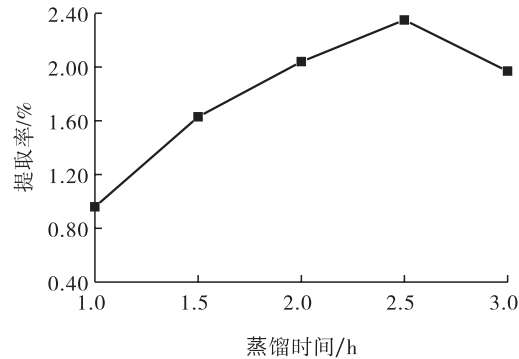


图 2 蒸馏时间对小黄姜精油提取率的影响

Fig.2 Effect of distilling time on *Zingiber officinale* Roscoe essential oil extraction rate

图 3 所示. 由图 3 可以看出,当小黄姜粉的浸泡时间由 0.5 h 增加到 1.0 h 时,精油提取率由 1.48% 增加到 2.04%,但当精油浸泡时间高于 1.5 h 时,继续增加浸泡时间对精油的提取率影响并不显著 ($P < 0.05$),表明小黄姜粉已被充分浸润,在精油提取过程中,可考虑适当缩短小黄姜粉的浸泡时间. 因此,选择浸泡时间 1.5 h 较为适宜.

2.2 正交试验结果分析

正交试验结果如表 2 所示. 由表 2 可知,影响小黄姜精油提取率的因素主次为:蒸馏时间 > 料液比 > 浸泡时间,确定小黄姜精油的最佳提取工艺条件组合为 $A_2B_2C_2$, 即料液比为 1 : 24,蒸馏时间为 2.5 h,浸泡时间为 1.5 h. 验证实验表明,在此条件下,小黄姜精油的提取率可达 2.70%.

2.3 化学成分分析

通过 GC-MS 在小黄姜精油中共检测出 58 种化学成分,化学成分名称及其相对含量见表 3. 由表 3 可知,小黄姜精油中所含的化学成分种类繁多,挥发性成分主要包括萜烯类、醇类、醛类、酯类、酮类化合物,其中,萜烯类、醇类、醛类的相对含量较高. 相对含量在 0.50% 以上的挥发性化学成分有 20 种,其中,姜烯相对含量最高,为 27.14%,其次是 β -倍半水芹烯 (11.14%)、 α -金合欢烯 (7.99%)、 β -水芹烯

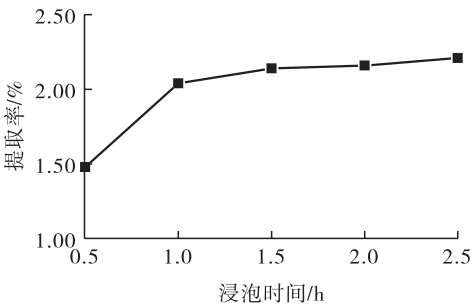


图 3 浸泡时间对小黄姜精油提取率的影响

Fig.3 Effect of soaking time on *Zingiber officinale* Roscoe essential oil extraction rate

表2 正交试验结果
Table 2 Results of orthogonal test

试验号	因素			提取率/%
	A	B	C	
1	1	1	1	2.04
2	1	2	2	2.14
3	1	3	3	1.21
4	2	1	2	2.24
5	2	2	3	2.55
6	2	3	1	1.38
7	3	1	3	1.55
8	3	2	1	1.61
9	3	3	2	0.99
K_1	5.39	5.83	5.03	
K_2	6.17	6.30	5.37	
K_3	4.15	3.58	5.31	
k_1	1.80	1.94	1.68	
k_2	2.06	2.10	1.79	
k_3	1.38	1.19	1.77	
R	0.68	0.91	0.11	
优先顺序	$B > A > C$			

(7.44%)。骆海林等^[8]研究表明,姜烯和 α -姜黄烯为姜类精油中特有的化学成分,可确定为姜风味的特征挥发性化学成分.与肖娟等^[23]的研究对比发现, α -蒎烯、柠檬(橙花)醛等在柠檬精油中特有的化学成分在小黄姜精油中也存在.徐宗季等^[24]通过CO₂超临界萃取实验提取得到的相对含量较高的挥发性成分包括姜烯(24.89%)、姜黄烯(7.60%)和姜酮(11.26%),而本研究中并未测出姜酮,这可能是因为提取方法的不同导致所测挥发性化学成分也有所不同. A. Brum 等^[25]研究发现,姜精油的主要成分为柠檬醛,其相对含量为41.10%,而本研究检测出的柠檬醛相对含量仅为5.08%,这可能是由姜的品种、生长环境、成熟度等因素差异所导致. A. Amalraj 等^[26]研究也表明,姜的产地不同,其挥发性物质的成分和含量可能不同,不同提取方法得到的精油中所含物质也有所不同.

表3 小黄姜精油化学成分及其相对含量
Table 3 The chemical components and relative contents of *Zingiber officinale*

Roscoe essential oil			%		
编号	化学成分名称	相对含量	编号	化学成分名称	相对含量
1	2-庚醇	0.12	30	β -衣兰烯	0.07
2	三环萜	0.08	31	γ -榄香烯	0.89
3	α -蒎烯	1.50	32	异丁香酚	0.11
4	蒎烯	4.21	33	(E)- β -法尼烯	0.43
5	β -半水芹烯	0.11	34	β -石竹烯	0.22
6	β -蒎烯	0.14	35	香树烯	0.26
7	甲基庚烯酮	0.09	36	α -雪松烯	0.69
8	β -月桂烯	0.65	37	α -姜黄烯	3.46
9	α -水芹烯	0.47	38	大根香叶烯	1.67
10	β -水芹烯	7.44	39	异喇叭烯	0.18
11	桉叶油醇	1.70	40	姜烯	27.14
12	萜烯	0.28	41	δ -芹子烯	1.11
13	芳樟醇	0.44	42	α -金合欢烯	7.99
14	香茅醛	0.36	43	β -红没药烯	5.41
15	2-茨醇	1.30	44	表二环倍半水芹烯	0.46
16	α -松油醇	0.46	45	萆澄茄醇	0.16
17	β -香茅醇	0.37	46	β -倍半水芹烯	11.14
18	柠檬(橙花)醛	2.79	47	榄香醇	0.66
19	橙花醇	0.17	48	橙花叔醇	0.41
20	(E)-柠檬醛	5.08	49	γ -榄香烯	0.06
21	左旋乙酸冰片酯	0.09	50	β -红没药醇	0.19
22	2-十一烷酮	0.35	51	γ -桉叶油醇	0.20
23	δ -榄香烯	0.15	52	香树烯	0.17
24	2,6-二甲基-辛二烯	0.08	53	β -桉叶醇	0.29
25	(+)-环苜蓿烯	0.29	54	α -桉叶醇	0.25
26	乙酸香叶酯	0.09	55	金合欢醇	0.17
27	α -胡椒烯	0.52	56	金合欢醛	0.08
28	β -榄香烯	1.04	57	香叶基-对-甲基异丙基苯	0.12
29	α -姜烯	0.22	58	香叶基芳樟醇	0.27

2.4 抗氧化活性分析

姜中含有酚基、羟基、烯链结构等多种生物活性成分,这些成分具有很强的抗氧化活性.笔者前期研究^[2]已证实,小黄姜多糖具有较强的抗氧化活性,本研究进一步对小黄姜精油的抗氧化活性进行研究,结果如图4所示.

ABTS 自由基清除率能反映亲水性和亲脂性物质的抗氧化能力^[27].小黄姜精油对 ABTS 自由基的清除率如图4a)所示.由图4a)可以看

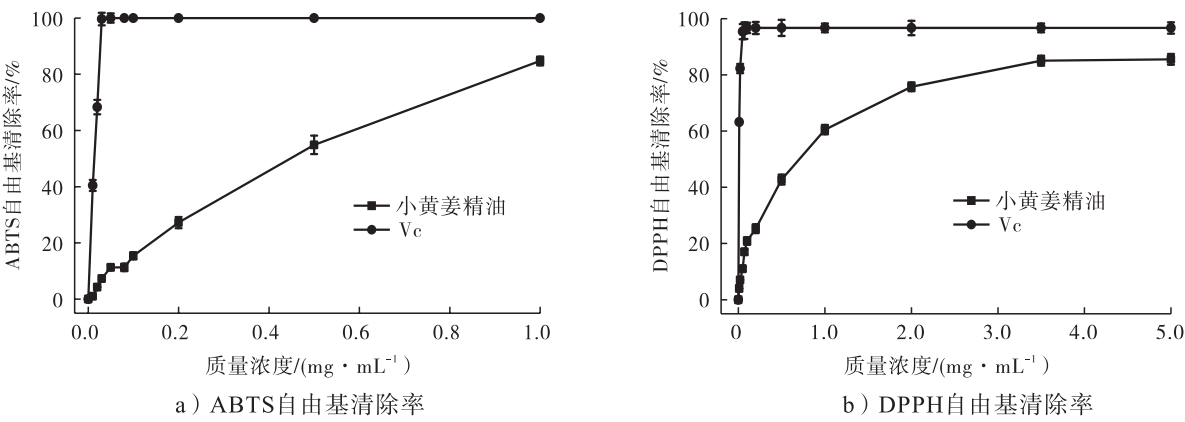


图4 小黄姜精油的抗氧化活性

Fig.4 Antioxidation activity of *Zingiber officinale* Roscoe essential oil

出,与 Vc 阳性对照相比,小黄姜精油对 ABTS 自由基的清除率与其质量浓度呈正相关,其半抑制浓度 IC 50 为 0.450 5 mg/mL,即小黄姜精油在较低质量浓度范围内呈现出对 ABTS 自由基较强的清除能力。

DPPH 自由基是一种以氮为中心的稳定自由基,常用于反映样品抗氧化能力的强弱:样品对 DPPH 自由基清除率越大,表明其抗氧化能力越强^[28].小黄姜精油对 DPPH 自由基的清除率如图 4b) 所示. 由图 4b) 可以看出,与 Vc 阳性对照相比,在较低质量浓度范围内,DPPH 自由基清除率随小黄姜精油质量浓度的升高而逐渐提升,当小黄姜精油的质量浓度为 3.5 mg/mL 时,DPPH 自由基清除率达 85%;继续增加小黄姜精油的质量浓度,DPPH 自由基清除率趋于平缓;经计算,小黄姜精油的半抑制浓度 IC 50 为 0.703 7 mg/mL,即小黄姜精油在较低质量浓度范围内也呈现出对 DPPH 自由基较强的清除能力. 对比段斌等^[29]的研究发现,小黄姜精油的抗氧化性能(对 DPPH 自由基的清除率)高于普通姜精油。

2.5 抑菌活性分析

本研究以市售姜精油为对照,比较了两种姜精油对大肠杆菌(革兰氏阴性菌)和枯草芽孢杆菌(革兰氏阳性菌)的抑菌活性,两种姜精

油对供试菌的抑菌圈直径见表 4. 由表 4 可知,与市售姜精油相比,小黄姜精油对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌的抑菌圈直径分别提高了 93.49% 和 26.97%,表明小黄姜精油在抑制大肠杆菌(革兰氏阴性菌)方面更具优势,这可能与其所含的活性物质有关^[30]. 邓开野等^[31]研究发现,姜精油对枯草芽胞杆菌、金黄色葡萄球菌等革兰氏阳性菌具有抑制作用,这与本实验结果一致。

3 结论

本文以小黄姜为原料,采用同时蒸馏萃取法提取了小黄姜精油,通过单因素试验分析了料液比、蒸馏时间、浸泡时间对小黄姜精油提取率的影响,并设计正交试验得到了提取小黄姜精油的最佳提取工艺条件,即料液比为 1 : 24,蒸馏时间为 2.5 h,浸泡时间为 1.5 h. 在此条件下,小黄姜精油的提取率为 2.70%. GC-MS

表 4 两种姜精油对供试菌的抑菌圈直径
Table 4 Diameter of inhibition cycle of two ginger essential oils on tested bacteria mm

精油类型	抑菌圈直径	
	大肠杆菌	枯草芽孢杆菌
市售姜精油	7.38 ± 0.63	11.68 ± 0.18
小黄姜精油	14.28 ± 0.83	14.83 ± 0.53

分析结果表明,小黄姜精油中共检测出 58 种化学成分,而相对含量在 0.50% 以上的挥发性化学成分有 20 种,其中,姜烯含量最高,为 27.14%, β -倍半水芹烯、 α -金合欢烯和 β -水芹烯次之。抗氧化活性研究结果表明,小黄姜精油具有较强的抗氧化活性,在较低质量浓度下即对 ABTS 自由基和 DPPH 自由基均具有较强的清除能力,其对应 IC₅₀ 分别为 0.450 5 mg/mL 和 0.703 7 mg/mL;与市售姜精油相比,小黄姜精油对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌的抑菌圈直径分别提高了 93.49% 和 26.97%,并显示出对大肠杆菌更强的抑菌特性。本研究可为小黄姜资源的深度开发利用提供参考,也可小黄姜精油在食品和药品行业中的应用提供理论依据。

参考文献:

- [1] 赵文竹,张瑞雪,于志鹏,等.生姜的化学成分及生物活性研究进展[J].食品工业科技,2016,37(11):383.
- [2] 宋丽丽,闻格,霍姍浩,等.小黄姜多糖的分离纯化及其结构特征及抗氧化活性研究[J].食品与发酵工业,2020,46(12):73.
- [3] 杨松宸.小黄姜(*Zingiber officinale* Roscoe)脱毒苗快繁及遗传变异研究[D].贵阳:贵州大学,2017:25.
- [4] ABHISHEK S, VAIBHAV G, CHANDAN D. Antioxidant potential and nutritional compositions of selected ginger varieties found in North-east India[J]. Industrial Crops and Products, 2019,128:167.
- [5] HOFFMAN R S, HOWLAND M A, LEWIN N A, et al. Essential oils, Goldfrank's toxicologic emergencies [M]. 10th edition. Hong Kong: McGraw-Hill Education, 2015:575.
- [6] RAMAKRISHNA P J, REKHA B, HARSHITH P B, et al. Chapter 50-ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) oils [J]. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety, 2016:447.
- [7] 丁华,王建清,王玉峰,等.罗勒精油成分分析及抑菌性研究[J].中国调味品,2017,42(2):43.
- [8] 骆海林,陆宁.同时蒸馏-萃取法(SDE)提取/GC-MS 分析姜精油的组分[J].中国调味品,2010,35(10):104.
- [9] 何凤平,雷朝云,范建新,等.植物精油提取方法、组成成分及功能特性研究进展[J].食品工业科技,2019,40(3):307.
- [10] 陈丛瑾,黎跃,李欣.植物挥发油的提取技术研究进展[J].食品研究与开发,2011,32(11):151.
- [11] 梁峥,胡雪芳,赵航,等.分子蒸馏纯化姜精油工艺的响应面法优化[J].食品科学,2010,31(20):67.
- [12] 吴嘉澜,王笑园,王坤立,等.生姜营养价值及药理作用研究进展[J].食品工业,2019,40(2):237.
- [13] 陈培珍,马春华,刘俊劭,等.桂花精油提取工艺优化及其成分分析[J].粮食与油脂,2016,29(10):54.
- [14] 赵东升,邓景丹,郭幼红,等.桂南山姜茎精油化学成分及抗菌活性研究[J].福建农业科技,2019(8):13.
- [15] 王娣,程柏,丁莉,等.百里香精油的提取工艺及化学成分分析[J].中国调味品,2019,44(7):76.
- [16] 赵国超,周欣,李容,等.青胡桃总黄酮含量测定及抗氧化活性分析[J].南方农业学报,2019(2):357.
- [17] 段亚云,李建颖,程瑶,等.黑果枸杞叶槲皮素的制备及其体外抗氧化活性研究[J].食品研究与开发,2019,40(5):59.
- [18] 顾仁勇,张石峰,刘莹莹,等.五种香辛料精油抑菌及抗氧化性能研究[J].食品科学,2008,29(3):106.
- [19] 段斌,葛永红,李灿婴,等.香菜精油的稳定性

- 及其抑菌和抗氧化作用[J]. 食品与发酵工业,2019,45(1):145.
- [20] VALERO M, SALMERON M C. Antibacterial activity of 11 essential oils against *Bacillus cereus* in tyndallized carrot broth [J]. International Journal of Food Microbiology, 2003, 85 (1/2):73.
- [21] ARAUJO F M, DANTAS M C, SILVA L S, et al. Antibacterial activity and chemical composition of the essential oil of *Croton heliotropiifolius* Kunth from Amargosa, Bahia, Brazil [J]. Industrial Crops and Products, 2017, 105:203.
- [22] 李辉. 水蒸气蒸馏法提取姜精油[J]. 粮油加工, 2010(11):16.
- [23] 肖娟, 周康, 胡滨, 等. 超声波辅助水蒸气提取柠檬精油工艺优化及成分分析[J]. 食品与机械, 2018, 34(9):172.
- [24] 徐宗季, 鞠兴荣. 生姜精油挥发性物质的主成分分析[J]. 粮油工程, 2016, 23(4):5.
- [25] BRUM A, PEREIRA S A, OWATARI M S, et al. Effect of dietary essential oils of clove basil and ginger on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following challenge with *Streptococcus agalactiae* [J]. Aquaculture, 2017, 468:235.
- [26] AMALRAJ A, HAPONIUK J T, THOMAS S, et al. Preparation, characterization and antimicrobial activity of polyvinyl alcohol/gum arabic/chitosan composite films incorporated with black pepper essential oil and ginger essential oil [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 151:366.
- [27] POPOVI J B, CENGIZ M, OZER M S, et al. *Calamintha incana*: Essential oil composition and biological activity [J]. Industrial Crops and Products, 2019, 128:162.
- [28] 王笑晴. 基于 DPPH 自由基清除能力的姜黄提取物抗氧化活性评价[J]. 药物评价研究, 2011, 34(5):360.
- [29] 段斌, 葛永红, 李灿婴, 等. 生姜精油的提取及体外抗氧化性研究[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(6):25.
- [30] SHUKLA A, GOUD V V, DAS C. Antioxidant potential and nutritional compositions of selected ginger varieties found in Northeast India [J]. Industrial Crops and Products, 2019, 128:167.
- [31] 邓开野, 周海钰, 邢盼盼. 生姜的抗菌及抗氧化作用的研究进展[J]. 中国调味品, 2012, 37(2):28.