不同大蒜精油成分及生物活性对比分析

伍燕[1]，何元琴[1]，易君明[1]，申利群[2]
（1.兴义民族师范学院生物与化学学院，贵州兴义 562400）
（2.广西民族大学化学化工学院，广西林产化学与工程重点实验室，广西南宁 550006）

摘要：为了解白皮大蒜和紫皮大蒜精油成分及生物活性差异，采用水蒸气蒸馏法提取白皮大蒜和紫皮大蒜精油,通过气相色谱质谱联用仪(GC-MS)分析测定两种大蒜精油的可挥发性成分；用对倍稀释法研究两种大蒜精油对几种常见病原菌的抑制活性；采用小叶碟法测定两种大蒜精油对斜纹夜蛾的拒食活性；并检测白皮、紫皮大蒜精油对 ABTS、DPPH 和 OH 自由基的清除作用。结果表明：白皮大蒜精油鉴定出 26 种成分，占精油的 95.79%；紫皮大蒜精油鉴定出 22 种成分，占精油的 94.26%，主要杀菌物质大蒜辣素和大蒜新素在紫皮大蒜（59.34%）中的含量比白皮大蒜（50.11%）多；两种大蒜精油对实验用菌有明显抑制作用，尤其紫皮大蒜精油对枯草芽孢杆菌、白色念珠菌、热带假丝酵母菌和板栗疫病的抑制效果比白皮大蒜好；白皮大蒜和紫皮大蒜精油对斜纹夜蛾 24 h 平均拒食率分别为 52.97%和 100%；白皮大蒜精油对 ABTS 和 DPPH 自由基的清除率高于紫皮大蒜精油，对 OH 自由基的清除率基本相当。

关键词：大蒜；精油；气相色谱-质谱联用仪；拒食活性；抑菌活性；抗氧化活性
文章篇号：1673-9078(2020)06-75-81 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.6.1214

Comparative Analysis on Volatile Components and Biological Activities of Different Garlic Essential Oil

WU Yan[1], HE Yuan-qin[1], YI Jun-ming[1], SHEN Li-qun[2]
(1.College of Biology and Chemistry,Xingyi Normal University for Nationalities, Xingyi 562400, China)
(2.College of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University for Nationalities, Key Laboratory of Development and Application of Forest Chemicals of Guangxi, Nanning 550006, China)

Abstract: In order to understand the difference of composition and biological activities of the essential oils from white skin garlic and purple skin garlic, the essential oils were obtained by using steam distillation method, and their volatile components were analyzed and identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The inhibitory activities of purple skin and white skin Garlic Essential oils on several common pathogenic bacteria were tested by dilution doubling method. The antifeedant activity of the oils against *Spodoptera litura* was measured by leaf disc method. The antioxidant activities of two kinds of garlic were evaluated by ABTS, DPPH and hydroxyl free radical scavenging. The results showed that 26 components were identified in the essential oil of white garlic, accounting for 95.79% of the essential oil; 22 components were identified in the essential oil of Purple Garlic, accounting for 94.26% of the essential oil; the main bactericides, allicin and allicin, were more in the purple garlic (59.34%) than in the white garlic (50.11%); the two essential oil of garlic had obvious inhibitory effect on the experimental bacteria, especially the essential oil of Purple Garlic The results showed that the inhibition effect of Bacillus, Candida albicans, Candida tropicalis and chestnut blight was better than that of *Allium bungeanum*; the average antifeeding rate of *Allium bungeanum* and *Allium bungeanum* essential oil to Spodoptera litura for 24 hours was 52.97% and 100% respectively; the scavenging rate of ABTS and DPPH free radicals by *Allium bungeanum* essential oil was higher than that by *Allium bungeanum* essential oil, and the scavenging rate of hydroxyl free

引文格式：
伍燕,何元琴,易君明,等.不同大蒜精油成分及生物活性对比分析[J].现代食品科技,2020,36(6):75-81
WU Yan, HE Yuan-qin, YI Jun-ming, et al. Comparative analysis on volatile components and biological activities of different garlic essential oil [J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(6): 75-81

收稿日期：2019-12-10
基金项目：贵州省科技计划项目（黔科合基础[2018]1168）；国家自然科学基金项目(21762006)；广西科技重大专项(桂科 AA17204090)
作者简介：伍燕（1974-），女，副教授，研究方向：天然产物应用研究
通讯作者：申利群（1970-），男，博士，教授，研究方向：天然药物化学研究

radicals was basically the same.

Key words: garlic; essential oil; gas chromatograph-mass spectrometry; antifeedant; antimicrobial activity; antioxidant activity

大蒜（*Allium Sativum* L.）为百合科葱属植物，是常见的药食用植物，其主要药食用部分在鳞茎，鳞茎按皮色可分为白皮大蒜和紫皮大蒜两种。大蒜营养丰富，含有多种氨基酸、糖类、脂肪、无机盐、维生素及蒜油[1]，大蒜中的杀菌物质蒜氨酸、蒜糖醇在机械破壁和受热时会被蒜氨酸酶分解，因此，高温提取的大蒜精油主要成分由大蒜辣素（二烯丙基二硫醚，$C_6H_{10}S_2$），大蒜新素（二烯丙基三硫醚，$C_6H_{10}S_3$）及多种含烯丙基和甲基的硫醚化合物组成[2-6]。市场上主要有两种大蒜出售，即白皮大蒜和紫皮大蒜，白皮大蒜外表皮呈白色，辣味较淡，较粘稠；紫皮大蒜外表皮呈紫色，辛辣味较浓。经水蒸气蒸馏浓缩后的大蒜精油，能调节血脂、降低脂蛋白和胆固醇，并有抗癌、增强人体免疫力和预防流行病等作用，被广泛用于医药、保健及食品工业领域[7-12]。

目前，白皮大蒜精油和紫皮大蒜精油在成分、抑菌、拒食和抗氧化对比研究报道甚少，本实验研究工作正是基于前人研究工作的基础上[13,14]，采用水蒸气蒸馏法提取白皮大蒜和紫皮大蒜精油,气相色谱质谱联用仪(GC-MS)分析测定两种大蒜精油的可挥发性成分，用 96 孔板对倍稀释法研究两种大蒜精油对常见四种细菌（大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、肺炎克雷伯菌）、两种真菌（白色念珠菌、热带假丝酵母菌）和三种植物病原真菌（板栗疫病、苹果霉心病、甘蔗黑穗病）的抑制活性；同时采用小叶碟法测定两种大蒜精油对斜纹夜蛾 3~4 龄幼虫的拒食活性，并检测了白皮、紫皮大蒜精油对 ABTS、DPPH 和 OH 自由基的清除作用。本次研究工作以期对白皮大蒜和紫皮大蒜的精油成分及其活性有更多了解，为两种大蒜精油的进一步开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

1.1.1 实验材料

实验用白皮大蒜和紫皮大蒜，购于当地菜市。

供试细菌：大肠杆菌（*Escherichia coli* ATCC 8739）、肺炎克雷伯菌（*Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352）、枯草芽孢杆菌（*Bacillus subtilis* ATCC 6633）、金黄色葡萄球菌（*Staphyloccocus aureus* CICC 10786）；供试真菌：白色念珠菌（*Candida albicans* ATCC 10231）、热带假丝酵母菌（*Candida tropicalis* ATCC 4352）；植物病原菌：甘蔗黑穗病（*Ustilago scitaminea Sydow*）、板栗疫病（*Cryphonec triaparasitica*（Murr.）Barr.）、苹果霉心病（*Alternaria alternate* Keissler），本实验室分离鉴定保存。

供试昆虫：斜纹夜蛾 3~4 龄幼虫，购于河南省济源白云实业有限公司。

1.1.2 试剂和设备

丙酮、二甲基亚砜（DMSO）、葡萄糖、无水乙醇、硫酸亚铁、水杨酸、过氧化氢、氯化钡，国药集团化学试剂有限公司；1,1-二苯基-2-三硝基苯肼（DPPH）、2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐（ABTS），麦克林试剂公司；超净工作台（SW-CJ-1F），上海博讯实业有限公司医疗设备厂；高压蒸汽灭菌锅（YXQ-SL-100G），上海东亚压力容器制造有限公司；GO 全波长酶标仪 Thermo Multiskan Go，Thermo Labsystems 公司；气相色谱-质谱联用仪（7890B-5977A），安捷伦公司。

1.2 实验方法

1.2.1 大蒜精油提取

采用水蒸气蒸馏法[15]，将 500 g 的白皮蒜头去皮后机械打碎成蒜泥，加入到 2 L 圆底烧瓶中，加入 1 L 纯净水并加热到 95 ℃，持续蒸馏 4 小时，收集溜出液下层淡黄色透明油状液体，加入饱和氯化钠水溶液后进行离心分层，下层即为白皮大蒜精油，将其密封后置于 4 ℃冰箱避光保存备用。

采用相同的方法提取紫皮大蒜精油。

1.2.2 GC-MS 分析条件

色谱条件：HP-5弹性石英毛细管柱（0.25 mm×30 m，0.25 μm），载气为高纯氦气，流速为1.45 mL/min，分流比50:1，进样量为1 μL，进样口温度280 ℃，程序升温为柱温80 ℃，3 ℃/min的速率升至240 ℃。

质谱条件：电子轰击（EI）能量70 eV，离子源温度220 ℃，接口温度250 ℃，溶剂延迟2 min，全扫描，质量扫描范围为50~400 *m/z*。

定性定量条件：各组分质谱碎片在质谱检索标准库NIST 14中进行匹配解析，取碎片离子匹配度达85%以上，按面积归一化法计算各成分在大蒜精油中的相对质量分数。

1.2.3 大蒜精油的抑菌活性测定

采用 96 孔板对倍稀释法来测定两种大蒜精油的最小抑菌浓度(MIC)[16]。细菌用 LB（牛肉膏蛋白胨培

养基）培养，真菌用 PDB（马铃薯葡萄糖培养基）培养。各供试菌株液体培养 8 h，用 0.5 麦氏标准比浊法作对照，调整菌液浓度到 1×10^5 cfu/mL 待用。称取适量白皮大蒜精油和紫皮大蒜精油，DMSO 溶解配制成 100 mg/mL 母液，用 LB 稀释 100 倍浓度为 1 mg/mL 工作液，采用对倍稀释法再次用 LB 调整大蒜精油的浓度为：1000、500、250、125、62.5、31.25、15.62、7.81、3.90、1.95、0.97 和 0.48 μg/mL，各浓度精油各取 100 μL 到 96 孔板 1~12 孔中，再分别加入 100 μL 浓度为 1×10^5 cfu/mL 菌液，细菌置于 30 ℃恒温箱中培养 24 h，真菌置于 28 ℃恒温箱中培养 24 h，各浓度 3 个重复。培养结束后，观察孔内无明显细菌生长且液体相对澄清、无沉淀，所含的药物浓度即为最低抑菌浓度（MIC）值。

1.2.4 大蒜精油对斜纹夜蛾幼虫拒食活性的测定

分别称取 0.4 克白皮大蒜和紫皮大蒜精油，用丙酮配成 40、20、10、5 和 2.5 mg/mL 的溶液，以丙酮作为空白对照组，采用小叶碟法对两种大蒜精油的昆虫拒食活性进行研究[17]。选取大小均匀、状态良好的斜纹夜蛾 3~4 龄幼虫置于干净培养皿内保持饥饿状态 3~4 h，培养皿中铺垫湿润滤纸（每个培养皿内一头幼虫）。将新鲜的白菜叶剪成直径为 3 cm 的圆形叶碟，浸泡于不同浓度紫皮、白皮大蒜精油及丙酮中，2~3 s 后取出，待溶剂挥发后置于有试虫的培养皿内（每个培养皿内 3 片叶碟），用纱布盖住培养皿防止幼虫爬出。置于室温下培养 6、12 和 24 h 后用坐标纸测量拒食面积并计算其拒食率，求其平均值。公式如下：拒食率（%）=[(对照组取食面积—处理组取食面积)/对照组取食面积]×100。每个浓度进行 10 次平行试验。

1.2.5 白皮大蒜和紫皮大蒜精油对 ABTS、DPPH 和 OH 自由基的清除率测定

分别称取适量白皮和紫皮大蒜精，用无水乙醇配制成100、80、60、40、20和10 mg/mL不同浓度溶液待用。

1.2.5.1 ABTS自由基清除试验

参照文献进行[18]，取96孔板，依次加入不同浓度大蒜精油50 μL，再加入150 μL的ABTS工作液，混匀、避光静置6 min后，在734 nm波长处测定吸光度值，记作Ai（样品吸光度值）；取精油不同浓度样液50 μL，以ddH_2O代替ABTS溶液，同法测定吸光度值，记作Aj（样品本底吸光度值）；取50 μL的ddH_2O加入150 μL的ABTS溶液，同法测定吸光度值，记作A_0（阴性对照），每个浓度3次重复。

ABTS自由基清除率(%)=[1-(Ai-Aj)/A_0]×100%

1.2.5.2 DPPH自由基清除试验

取96孔板，依次加入不同浓度大蒜精油100 μL，再加入0.1 mmol/L DPPH·工作液100 μL，混匀、避光静置30 min，在517 nm波长处用酶标仪测定吸光度，记作Ai（样品吸光度值）；另取不同浓度样液100 μL加入无水乙醇100 μL，同法测定吸光度，记为Aj（样品本底吸光度值）；另取无水乙醇100 μL加入DPPH·工作液100 μL，测定吸光度记为A_0（阴性对照），3次重复。

DPPH自由基清除率(%)=[1-(Ai-Aj)/A_0]×100%

1.2.5.3 OH自由基清除试验

取不同浓度大蒜精油100 μL，依次加入9.0 mmol/L水杨酸乙醇溶液100 μL、9.0 mmol/L $FeSO_4$溶液100 μL、8.8 mmol/L H_2O_2溶液100 μL启动反应，混匀后37 ℃水浴30 min，取200 μL各样液在510 nm波长处测定吸光度，记为Ai（样品吸光度值）；另以ddH_2O代替样液，同法测定，记为A_0（阴性对照），3次重复。

OH自由基清除率(%)=(A_0-Ai)/A_0×100%

1.2.6 数据处理

采用Excel 2010和origin 9.0处理数据。

2 结果与讨论

2.1 白皮大蒜和紫皮大蒜精油的总离子流图

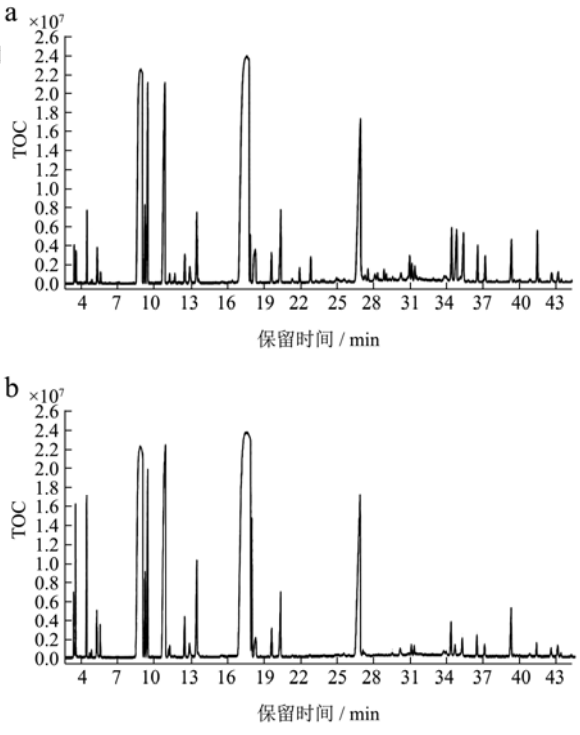


图1 白皮大蒜（a）和紫皮大蒜（b）挥发性成分总离子流图

Fig.1 Total ion current of volatile flavor components of white skin garlic (a) and purple skin garlic (b)

大蒜精油可挥发性成分的GC-MS总离子流图如图a（白皮）和图b（紫皮）所示。利用NIST 14谱图库自动检索各组分的质谱数据，并对检索结果进行人工校对，白皮大蒜精油为26种化合物，紫皮为22种化合物，白皮大蒜精油中有四种成分在紫皮中未检出，含硫化合物均为18种。

2.2 白皮大蒜和紫皮大蒜精油的可挥发性成分

采用峰面积归一化法得到大蒜挥发性油各主要成分的含量如表 1 所示，白皮大蒜挥发油 26 种成分占总面积 95.79%，主要成分有二烯丙基三硫醚（38.66%）、二烯丙基二硫醚（12.45%）、二丙烯基四硫化物（9.37%）和甲基烯丙基三硫醚（7.85%）；紫皮大蒜挥发油 22 种可鉴定成分占总面积 94.26%，主要成分有二烯丙基三硫醚（42.34%）、二烯丙基二硫醚（17%）、甲基烯丙基三硫醚（10.19%）和二丙烯基四硫化物（9.23%），其中，紫皮中大蒜辣素（二烯丙基二硫醚，$C_6H_{10}S_2$）和大蒜新素（二烯丙基三硫醚，$C_6H_{10}S_3$）含量均比白皮大蒜高，二者在紫皮大蒜精油中合计为 59.34%，在白皮大蒜精油中合计为 50.11%，紫皮中含硫化合物占比为 91.59%，白皮中含硫化合物占比为 80.36%，由数据分析可知，紫皮大蒜精油中抑菌物质比白皮大蒜精油的含量高。白皮大蒜精油有石竹烯（1.89%）、乙酸肉桂酯（2.38%）、3,7,11-三甲基-1,6,10-十二碳四烯-3-醇（0.31%）和 1,1,7-三甲基-4-甲烯基-1H-环丙烷[e]十氢甘菊环-7-醇（0.29%），这些成分在紫皮大蒜精油中未检出。

表1 白皮大蒜和紫皮大蒜挥发油的化学物质组成比较

Table 1 Analytical result of volatile components of purple skin garlic and white skin garlic

序号	保留时间/min	化合物	分子式	相对含量/%	
				白皮大蒜	紫皮大蒜
1	3.550	二烯丙基硫醚	$C_6H_{10}S$	0.12	1.16
2	4.461	甲基 2-丙烯基二硫化物	$C_4H_8S_2$	0.8	1.9
3	5.291	3H-1,2-二硫杂环戊烯	$C_3H_4S_2$	0.59	0.73
4	8.851	二烯丙基二硫醚	$C_6H_{10}S_2$	8.25	12.83
5	9.201	二烯丙基二硫醚	$C_6H_{10}S_2$	1.12	1.26
6	9.436	二烯丙基二硫醚	$C_6H_{10}S_2$	3.08	2.91
7	10.933	甲基烯丙基三硫醚	$C_4H_8S_3$	7.85	10.19
8	12.503	3-乙烯基-1,2-二硫杂-4-环己烯	$C_6H_8S_2$	0.54	0.66
9	13.505	2-乙烯基-1,3-二硫杂-4-环己烯	$C_6H_8S_2$	1.50	1.95
10	17.573	二烯丙基三硫醚	$C_6H_{10}S_3$	37.66	42.34
11	18.031	3,5-二乙基-1,2,4-三硫杂环戊烷	$C_6H_{12}S_3$	0.55	1.56
12	18.270	1-烯丙基-3-三磺酸	$C_6H_{10}S_3$	1.65	0.69
13	19.642	5-甲基-1,2,3,4-四噻烷	$C_3H_6S_4$	0.62	0.53
14	20.380	3H-1,2-二硫醇	$C_3H_4S_2$	1.79	1.37
15	21.914	石竹烯	$C_{15}H_{24}$	1.89	-
16	22.812	乙酸肉桂酯	$C_{11}H_{12}O_2$	2.38	-
17	26.905	二丙烯基四硫化物	$C_9H_{18}S_4$	9.37	9.23
18	27.507	(E)-3,7,11-三甲基-1,6,10-十二碳三烯-3-醇	$C_{15}H_{26}O$	0.31	-
19	28.105	1,1,7-三甲基-4-甲烯基-1H-环丙烷[e]十氢甘菊环-7-醇	$C_{15}H_{24}O$	0.29	-
20	34.366	3H-1,2,4-三氮唑-3-硫醇，2,4-二氢-4,5-二甲基	$C_4H_7N_3S$	1.06	0.61
21	34.795	4,5-二甲基-4H-1,2,4-三氮唑-3-硫醇	$C_4H_7N_3S$	3.06	0.86
22	35.298	1,1,5-三甲基--2,3-二氢-1H-茚	$C_{12}H_{16}$	3.05	0.52
23	36.526	1-烯丙基-3-(2-硫代烯丙基)丙基三硫醚	$C_9H_{16}S_4$	0.75	0.81
24	37.148	2,5-二炔十八碳酸甲酯	$C_{19}H_{30}O_2$	2.51	0.22
25	39.308	新戊醇衍生物	$C_5H_{12}O$	1.03	1.07
26	41.423	邻苯二甲酸二丁酯	$C_{20}H_{30}O_4$	3.98	0.86
	小计			95.79%	94.26%

2.3 白皮大蒜和紫皮大蒜对常见细菌、真菌和植物病原菌的抑制活性对比

由表 2 和表 3 可知，两种精油对 9 种实验用菌表现出有差异的抑制活性，白皮和紫皮大蒜精油对枯草芽孢杆菌的最小抑菌浓度 MIC 分别为 7.81 μg/mL 和 0.97 μg/mL，对大肠杆菌的 MIC 分别为 500 μg/mL 和 250 μg/mL，对金黄色葡萄球菌和肺炎克雷伯氏菌的 MIC 无明显区别，均为 500 μg/mL；对白色念珠菌的 MIC 分别为 31.25 μg/mL 和 7.81 μg/mL，对热带假丝酵母的 MIC 分别为 125 μg/mL 和 3.90 μg/mL；对板栗疫病的 MIC 分别为 1000 μg/mL 和 7.81 μg/mL，对苹果霉心病的 MIC 分别为 250 μg/mL 和 62.5 μg/mL，对甘蔗黑腐菌的 MIC 无明显区别，均为 500 μg/mL。从结果可知，紫皮大蒜精油对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、白色念珠菌、热带假丝酵母、板栗疫病和苹果霉心病的最小抑菌浓度均比白皮大蒜精油的低，抑制效果好。

表 2 白皮大蒜精油的抑菌活性

Table 2 Antibacterial activity of essential oils from white skin garlic

供试菌株	浓度/(μg/mL)											
	1000	500	250	125	62.5	31.25	15.62	7.81	3.90	1.95	0.97	0.48
枯草芽孢杆菌	-	-	-	-	-	-	-	-	+	++	++	++
大肠杆菌	-	-	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++
金黄色葡萄球菌	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
肺炎克雷伯氏菌	-	-	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++
白色念珠菌	-	-	-	-	-	-	+	++	++	++	++	++
热带假丝酵母菌	-	-	-	-	+	++	++	++	++	++	++	++
板栗疫菌	-	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
苹果霉心病	-	-	-	+	++	++	++	++	++	++	++	++
甘蔗黑腐菌	-	-	+	+	++	++	++	++	++	++	++	++

注：“-”表示澄清且无肉眼可见菌落；“+”表示略浑浊且有肉眼可见菌落；“++”表示十分浑浊。

表 3 紫皮大蒜精油的抑菌活性

Table 3 Antibacterial activity of essential oils from purple skin garlic

供试菌株	浓度/(μg/mL)											
	1000	500	250	125	62.5	31.25	15.62	7.81	3.90	1.95	0.97	0.48
枯草芽孢杆菌	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
大肠杆菌	-	-	-	+	++	++	++	++	++	++	++	++
金黄色葡萄球菌	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
肺炎克雷伯氏菌	-	-	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++
白色念珠菌	-	-	-	-	-	-	-	-	+	++	++	++
热带假丝酵母菌	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	++	++
板栗疫菌	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	++	++
苹果霉心病	-	-	-	-	-	+	+	++	++	++	++	++
甘蔗黑腐菌	-	-	+	+	++	++	++	++	++	++	++	++

注：“-”表示澄清且无肉眼可见菌落；“+”表示略浑浊且有肉眼可见菌落；“++”表示十分浑浊。

2.4 白皮大蒜和紫皮大蒜精油对斜纹夜蛾拒食活性的比较

从表 4 和表 5 可知，不同浓度的大蒜精油对斜纹夜蛾均有拒食效果，随着白皮大蒜和紫皮大蒜精油浓度增加对斜纹夜蛾的拒食效果也加强。白皮大蒜精油浓度在 20 μg/mL 时，24 小时对斜纹夜蛾的拒食率可达到 52.97%，紫皮大蒜精油浓度在 2.5 μg/mL 时，对斜纹夜蛾的拒食率可达 75.76%，从结果可知，紫皮大蒜精油在较低浓度 2.5 μg/mL 时，对斜纹夜蛾的拒食效果比白皮大蒜精油浓度在 20 μg/mL 时高，表现出较强的拒食活性。

表 4 不同浓度白皮大蒜精油对斜纹夜蛾的拒食率

Table 4 Results of Antifeeding rate of essential oils from white skin garlic

时间	拒食率/%				
	2.5 μg/mL	5 μg/mL	10 μg/mL	20 μg/mL	40 μg/mL
6 h	38.95	47.58	64.26	100	100
12 h	25.64	36.84	50.85	86.04	100
24 h	18.03	20.89	30.37	52.97	94.36

表 5 不同浓度紫皮大蒜精油对斜纹夜蛾的拒食率

Table 5 Results of Antifeeding rate of essential oils from purple skin garlic

时间	拒食率/%				
	2.5 μg/mL	5 μg/mL	10 μg/mL	20 μg/mL	40 μg/mL
6 h	88.72	90.17	96.82	100	100
12 h	79.03	86.39	90.06	100	100
24 h	75.76	82.22	86.35	100	100

2.5 白皮大蒜精油和紫皮大蒜精油的抗氧化活性比较

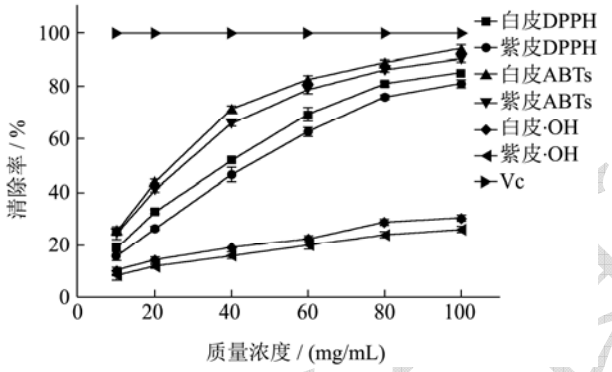


图 2 白皮大蒜精油和紫皮大蒜精油对 ABTS、DPPH 及 OH 自由基的清除率

Fig.2 Scavenging effects of the essential oil from white skin garlic and purple skin garlic on ABTS, DPPH and OH free radicals

由图 2 可知，白皮大蒜精油和紫皮大蒜精油对 ABTS、DPPH 和 OH 自由基的清除率随精油浓度的升高有量效关系。两种大蒜精油对 ABTS 和 DPPH 的清除率表现较好，在精油浓度为 10~100 mg/mL 范围内，对 ABTS 和 DPPH 自由基的清除作用上升比较快，在 50 mg/mL 浓度时，清除率均可达到 50%以上，在 100 mg/mL 浓度时，两种大蒜精油对 ABTS 和 DPPH·的清除率达到80%以上，且白皮大蒜精油对ABTS和DPPH的清除作用优于紫皮大蒜精油；两种大蒜精油在 10~100 mg/mL 范围内，对 OH 自由基的清除率随精油浓度的增加上升比较平缓，在 100 mg/mL 浓度时，二者的清除率分别为 29%和 26%。

3 结论

3.1 水蒸气蒸馏法提取的大蒜精油颜色澄清，蒜味浓烈、持久。可挥发性成分经 GC-MS 分析鉴定，白皮大蒜可鉴定成分 26 种占挥发油 95.79%，紫皮大蒜精油可鉴定成分 22 种占挥发油 94.26%。蒸馏提取过程中，蒜氨酸和蒜糖醇在酶和高温作用下裂解的多种含硫化合物，主要为二烯丙基二硫醚、二烯丙基三硫醚、甲基烯丙基三硫醚、二丙烯基四硫化物及多种含烯丙基和甲基的硫醚化合物组成，白皮精油中含硫化合物占可鉴定成分的 80.36%，紫皮精油中含硫化合物占可鉴定成分的 91.59%，紫皮大蒜精油中含硫成分比白皮大蒜精油的高，大蒜精油中主要杀菌物质大蒜辣素（二烯丙基二硫醚）和大蒜新素（二烯丙基三硫醚）在白皮大蒜精油中占 50.11%，在紫皮大蒜精油中占 59.34%。

3.2 杀菌物质含量不同，两种大蒜精油在抑菌和拒食活性中也表现出不同的活性，紫皮大蒜精油显示出较强而持久的抑制活性，白皮大蒜精油对枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、白色念珠菌、热带假丝酵母、板栗疫病和苹果霉心病所需最小抑菌浓度 MIC 均比紫皮高；同样，白皮大蒜精油浓度在 2.5 μg/mL 时，对斜纹夜蛾的拒食率仅为 18.03%，紫皮大蒜精油对斜纹夜蛾的拒食率仍高达 75.76%，拒食效果好；抗氧化试验表明，白皮大蒜精油对 ABTS 和 DPPH 自由基的清除效果优于紫皮大蒜，对 OH 自由基的清除无明显差异。本研究为白皮大蒜精油和紫皮大蒜精油的进一步开发利用提供了理论依据。

参考文献

[1] 史守纪,章海风.大蒜的化学成分及生物活性影响因素研究进展[J].中国调味品,2019,44(11):194-197
SHI Shou-ji, ZHANG Hai-feng. Reserch progress influencing factors of garlic chemical components and biological activity [J]. China Condiment, 2019, 44(11): 194-197

[2] 刘肖,周才琼.大蒜含硫化合物及在加工中的变化机理研究进展[J].食品与发酵工业,2019,45(5):282-288
LIU Xiao, ZHOU Cai-qiong. Research progress on sulfur compounds in garlic and the mechanisms of changes in processing [J]. Food and Fermentation Industries, 2019, 45(5): 282-288

[3] Agarwal K C. Therapeutic actions of garlic constituents [J]. Medicinal Research Reviews, 1996, 16: 111-124

[4] 余松筠.大蒜及其提取物在食品加工中的应用研究进展[J].江苏调味副食品,2019,1:3-6
YU Song-yun. Research progress on the application of garlic and its extracts in food processing [J]. Jiangsu Condiment and Subsidiary Food, 2019, 1: 3-6

[5] 商春锋,周一冉,付彤.大蒜中蒜氨酸及大蒜素检测方法研究进展[J].现代食品,2018,10:36-39
SHANG Chun-feng, ZHOU Yi-ran, FU Tong. Advances in research on the determination approaches of alliin and allicin in garlic [J]. Xian Dai Shi Pin, 2018, 10: 36-39

[6] 张晓林,刘萍.大蒜有机硫化物的研究进展[J].医学综述,2011,17(3):432-434
ZHANG Xiao-lin, LIU Ping. Research progress of garlic organosulfur compounds [J]. Medical Recapitulate, 2011, 17(3): 432-434

[7] 马瑛.大蒜抗心血管疾病研究进展[J].中国调味品,2013,38(9):6-9
MA Ying. Research progress of anti-cardiovascular disease of garlic [J]. China Condiment, 2013, 38(9): 6-9

[8] 胡斌,匡海学,辛运杰,等.大蒜降血脂作用及机制研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(8):181-186
HU Bing, KUANG Hai-xue, XIN Yun-jie, et al. Lipid-lowering activity and mechanism of allii sativi bulbus [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2019, 25(8): 181-186

[9] 王丽丽,方今女,李善姬,等.大蒜与黑蒜抗动脉粥样硬化的研究进展[J].吉林医药学院学报,2019,40(4):283-285
WANG Li-li, FANG Jin-nv, LI Shai-ji, et al. Research progress of garlic and black garlic and their extracts on anti-atherosclerosis [J]. Journal of Jilin Medical University, 2019, 40(4): 283-285

[10] 孙巍巍,王扬,何乐毅凡,等.大蒜提取物免疫调节作用研究进展[J].环球中医药,2019,12(4):650-654
SUN Wei-wei, WANG Yang, HE Le-yifan, et al. Research advances in the immune regulation function of garlic extract [J]. Global Traditional Chinese Medicine, 2019, 12(4): 650-654

[11] Rana S V, Pal R, Vaiphei K, et al. Garlic in health and disease [J]. Nutrition Research Reviews, 2011, 24(1): 60-71

[12] 王浩冉,何斌,张玲.大蒜素抑制肿瘤细胞增殖作用的研究进展[J].疾病监测与控制,2019,13(1):56-61
WANA Hao-ran, HE Bing, ZHANG Ling. Allicin inhibits the development of tumor cell proliferationg [J]. Journal of Diseases Monitor & Control, 2019, 13(1): 56-61

[13] 李岩,吕昌龙,桑力轩,等.黑大蒜提取物联合抗生素对金黄色葡萄球菌和大肠埃希菌的体外抗菌作用研究[J].微生物学杂志,2014,34(2):59-62
LI Yan, LYU Chang-long, SANG Li-xuan, et al. Antibiotic activity in vitro of black garlic (*Allium sativum var.* nigrum) extracts combined with antibiotics against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* [J]. Journal of Microbiology, 2014, 34(2): 59-62

[14] 王小敏,张民,杨钰昆.老蒜提取物萃取部位的抑菌活性及成分分析[J].现代食品科技,2015,31(1):65-70
WANG Xiao-ming, ZHANG Min, YANG Yu-kun. Antimicrobial activities and component analysis of solvent extracts from aged garlic extract [J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(1): 65-70

[15] 郭晓斐,杜爱玲,管从胜,等.气相色谱-质谱法测定大蒜挥发油的组成[J].色谱,2005,5:548-550
GUO Xiao-fei, DU Ai-ling, GUAN Cong-sheng, et al. Analysis of volatile oil of garlic by gas chromatography mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Chromatography, 2005, 5: 548-550

[16] 田程飘,朱伟伟,宋雅玲,等.生姜与醋泡姜抗氧化、抑菌和抗肿瘤活性比较研究[J].食品工业科技,2019,40(14):18-23
TIAN Cheng-piao, ZHU Wei-wei, SONG Ya-lin, et al. Comparative study on antibacterial, antioxidant and anti-tumor activitys of ginger and vinegar soaked ginger [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(14): 18-23

（下转第 320 页）