



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20180209

4种调味料精油抗氧化及抑菌活性的评价

王丽霞, 王芳, 刘孟宗, 赵文华, 王晨旭, 陆艺菲
(天津科技大学新农村发展研究院, 天津科技大学食品科学与工程学院, 天津 300457)

摘要: 对4种调味料(生姜、大蒜、丁香、茴香)超临界提取的精油进行GC-MS成分分析,比较其体外抗氧化活性,通过对1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基(DPPH·)、超氧阴离子($\cdot\text{O}_2^-$)和羟基($\cdot\text{OH}$)自由基清除能力评价精油的抗氧化活性.结果显示:4种调味料超临界精油具有良好的抗氧化活性,对DPPH·、 $\cdot\text{O}_2^-$ 、 $\cdot\text{OH}$ 具有较好的清除能力.采用琼脂扩散法研究精油对供试菌种的抑制作用,4种调味料超临界提取精油对测试菌种都表现出不同程度的抑制作用,说明精油具有良好的抑菌活性.

关键词: 调味料精油; 抗氧化; 抑菌作用

中图分类号: TS202.3 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2020)01-0033-06

Antioxidant and Antibacterial Activity of 4 Kinds of Flavoring Essential Oils

WANG Lixia, WANG Fang, LIU Mengzong, ZHAO Wenhua, WANG Chenxu, LU Yifei
(Institute for New Rural Development, College of Food Science and Engineering,
Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: The constituents and antioxidant and antimicrobial activities of essential oil from ginger, garlic, clove and fennel were studied. Evaluation of the antioxidant effects of these essential oils was focused primarily on scavenging of 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH·), superoxide negative ion radical ($\cdot\text{O}_2^-$) and hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$). The results showed the essential oils had the antioxidant activities of eliminating DPPH·, $\cdot\text{O}_2^-$ and OH·. These essential oils also showed different degrees of inhibition on the test strains, indicating that the essential oils had good antimicrobial activities.

Key words: flavoring essential oil; antioxidant activity; antibacterial activity

植物精油是一种具有挥发性植物特有芳香味的油状液体,其主要来源于植物的花、叶、根、果实、种子等部位.陈建烟等^[1]研究发现植物精油成分为萜类化合物、有机酸和微量元素等物质,尤其以单萜类和倍半萜类为主.目前提取植物精油的方法繁多,其中广泛使用的方法有传统的水蒸气蒸馏法和溶剂萃取法.传统方法设备简单、操作容易,但是蒸馏过程中物料长期处于高温状态,容易造成热敏性成分分解;溶剂萃取法获得精油容易将植物里的树脂等成分提取出来导致杂质较多^[2].超临界 CO_2 萃取技术由于其萃取能力强、得率高、有效成分多、无溶剂残留等优点越来越受到人们的青睐,被广泛地应用于食品工

业、医药品和保健食品领域^[3].

植物精油成分复杂而且本身含有多种生物活性,最突出的两个特性便是抗氧化活性和抑菌性.抗氧化活性对人体有重要作用,人类的糖尿病、心血管疾病、肿瘤等疾病都是由于体内自由基过多引起的. Daniel-Jambun 等^[4]用甲醇提取生姜中的酚类物质并测定了抗氧化能力,发现生姜具有较强的抗氧化活性,并且有效成分为非极性物质,亲脂性高更易通过细胞膜在细胞内部发挥作用. Wang 等^[5]研究了肉桂精油中的肉桂醛对牙龈卟啉菌生长有抑制作用,通过扫描电镜观察细胞膜破裂从而导致核酸和蛋白泄露,最终菌体死亡.本文比较生姜、大蒜、丁香、茴香

收稿日期: 2018-07-02; 修回日期: 2018-11-14

基金项目: 天津科技大学新农村发展研究院开放基金资助项目(xnc201708); 河北省省级省校科技合作开发资金支持项目

作者简介: 王丽霞(1966—),女,研究员, wanglixia@tust.edu.cn

这4种植物精油的抗氧化活性和抑菌活性,以期筛选出一种抑菌和抗氧化活性均较强的植物精油,作为食品添加剂用于食品行业,达到保鲜和抑菌等目的。

1 材料与方法

1.1 材料

选取黄瓜姜块茎、蒲棵紫皮蒜鳞茎、紫丁香花蕾和小茴香果实经过超临界萃取获得植物精油(萃取条件为:萃取压力 35 MPa,萃取温度 35 °C,CO₂流量 15 L/h,萃取时间 2 h)。

金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、大肠杆菌(*E. coli*)、根霉(*Rhizopus*)、黑曲霉(*Aspergillus niger*)和青霉(*Penicillium*)由天津科技大学菌种保藏中心提供。

抗坏血酸(VC)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)、邻苯三酚、铁氰化钾、硫酸亚铁均为国产分析纯;营养琼脂培养基、马铃薯葡萄糖琼脂培养基均为生化试剂。

SP-2102UV 型紫外-可见分光光度计,上海光谱仪器有限公司;DZF-6020 型恒温培养箱,上海益恒科技有限公司;LS-B50LB50L 型立式压力蒸气灭菌器,上海福玛实验有限公司;GCMS-QP2010 Ultra 型气相色谱质谱联用仪,美国瓦里安技术有限公司。

1.2 调味料精油的成分分析

参照白娟^[6]气质条件,运用 GC-MS 气质联用仪对 4 种调味料精油进行定性、定量分析,通过质谱图库检索确定精油成分。

1.3 调味料精油抗氧化活性的测定

1.3.1 调味料精油对 DPPH 自由基(DPPH·)的清除

移取 2.0 mL 不同浓度的植物精油于具塞试管中,加入 2.0 mL DPPH 乙醇溶液(DPPH 浓度为 0.2 mmol/L),充分振荡混合均匀,放置具塞试管在黑暗中避光 30 min,反应结束后使用酶标仪测量其在 517 nm 处的吸光度。为消除试剂本身颜色对实验的影响,同时测定 2.0 mL DPPH 乙醇溶液与 2.0 mL 乙醇混合后的溶液的吸光度,以及同样反应体积的各种精油与 2.0 mL 无水乙醇混合后溶液的吸光度^[7]。选用 VC 作阳性对照。DPPH·清除率按照式(1)计算。

$$\text{DPPH}\cdot\text{清除率} = \left(1 - \frac{A - A_1}{A_0}\right) \times 100\% \quad (1)$$

式中: A_0 为无水乙醇与 DPPH 混合溶液的吸光度; A 为精油与 DPPH 混合溶液的吸光度; A_1 为各浓度精油与乙醇混合溶液的吸光度。

1.3.2 调味料精油对超氧阴离子自由基($\cdot\text{O}_2^-$)的清除

向试管中分别加入 4.5 mL pH 5.2 的 50 mmol/L Tris-HCl 缓冲液和 1.0 mL 试样溶液,摇匀后 25 °C 恒温水浴,同时将 3 mmol/L 邻苯三酚溶液(用 10 mmol/L HCl 溶液配制)放在相同温度下预热,反应 20 min 后立即加入 0.3 mL 已经在水浴中经过加热的邻苯三酚溶液启动反应,反应 5 min 后加 4 滴 10 mol/L HCl 终止反应。测定其在 325 nm 处的吸光度。用 4.2 mL 的蒸馏水代替样品液作为空白管,以 Tris-HCl 缓冲液作空白调零,各浓度试样液用以各自反应管的调零^[8]。选用 VC 作阳性对照。 $\cdot\text{O}_2^-$ 清除率按照式(2)计算。

$$\cdot\text{O}_2^- \text{清除率} = \left(1 - \frac{A_1}{A_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

式中: A_0 为空白对照的吸光度; A_1 为样品吸光度。

1.3.3 调味料精油对羟基自由基($\cdot\text{OH}$)的清除

在具塞比色管中分别加入 2.0 mL FeSO₄ 溶液(1 mmol/L)、1.0 mL H₂O₂ 溶液(2 mmol/L)和 3.0 mL (6.0 mmol/L) 水杨酸溶液,摇匀,37 °C 恒温水浴 15 min,测定反应后溶液在 510 nm 下的吸光度。然后向试管中各自再加入 1.0 mL 不同浓度精油溶液,振荡混合均匀后,再次恒温水浴反应 15 min,反应完成后,分别对各溶液在 510 nm 处的吸光度进行测定。空白管不加 H₂O₂ 溶液,用 2.0 mL 蒸馏水代替,按上述实验过程进行反应,测定最终反应液的吸光度^[9]。选用 VC 作阳性对照。 $\cdot\text{OH}$ 清除率按照式(3)计算。

$$\cdot\text{OH} \text{清除率} = \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0}\right) \times 100\% \quad (3)$$

式中: A_0 为未加入试样的吸光度; A_1 为加入试样的吸光度; A_2 为未加入 H₂O₂ 的吸光度。

1.4 调味料精油抑菌活性的测定

1.4.1 抑菌圈直径

采用琼脂扩散法对调味料精油抑菌活性进行测定^[10]。将已经活化好的菌种接种于液体培养基中,摇床培养使其数目级达到 10⁶ ~ 10⁸,制备菌悬液以备后用。移取 100 μL 菌悬液于灭菌后的培养基表面,用无菌涂布棒涂布均匀,再将直径为 6 mm 的滤纸片置于平板表面。移取 20 μL 植物油于滤纸片上使其渗透均匀,加药后将平板置于相应温度的培养箱中培养。观察实验结果,测量抑菌圈直径并记录数据。

1.4.2 最小抑菌浓度与最小杀菌浓度

最小抑菌浓度(MIC)和最小杀菌浓度(MBC)采用二倍数稀释法进行测定。以 DMSO 为溶剂,配制

不同质量浓度的植物精油,在无菌试管中加入 10 mL 灭菌的液体培养基、100 μ L 菌悬液、0.1 mL 植物精油,在最适宜的培养条件下培养 36 h,以不浑浊试管的最小试样浓度为最小抑菌浓度(MIC).将试管混合液移取 100 μ L 均匀涂布于平板上,培养 24 h 后,观察菌落生长情况,以无菌生长情况为最小杀菌浓度(MBC).

1.5 数据处理

所有实验均进行 3 次重复实验,采用 SPSS 13.0 软件进行数据分析,结果以“平均值 \pm 标准差”表示.

2 结果与讨论

2.1 调味料精油成分分析

对生姜精油、大蒜精油、丁香精油和茴香精油的成分进行了分析,文中共截取了 25 种主要成分,结果见表 1—表 4.由表 1 可知生姜精油挥发性成分主要是一些单萜和倍半萜类物质,其中相对含量最高的成分是姜烯,含量为 19.57%;其次为 α -姜黄烯,含量为 7.51%;姜酮和 6-姜酚分别为 5.51% 和 2.91%. Mesomo 等^[11]使用超临界萃取的生姜精油主要成分为 α -姜烯、 β -倍半水芹烯、 α -姜黄烯、 α -金合欢烯、 β -甜没药烯和香茅醛.

表 1 生姜精油成分分析

Tab. 1 Major chemical composition of ginger essential oil

化合物名称	含量/%	化合物名称	含量/%
蒎烷	0.02	α -蒎烯	0.82
蒎烯	0.56	α -桉油烯	0.02
甲基庚烯酮	0.02	β -榄香烯	1.01
β -蒎烯	0.06	γ -榄香烯	0.32
香叶醇	0.02	β -金合欢烯	0.23
β -松油烯	1.49	姜酮	5.51
马鞭草烯酮	0.06	α -柏木烯	4.54
樟脑	0.02	α -姜黄烯	7.51
龙脑	0.03	姜烯	19.57
α -松油醇	0.24	异喇叭茶烯	9.83
薄荷醇	0.04	γ -古芸烯	6.61
顺式马鞭烯醇	0.20	6-姜酚	2.91
柠檬醛	0.26		

通过分析发现大蒜挥发油成分主要是含硫化合物和成环烯烷类.二烯丙基硫醚、二烯丙基二硫醚、二烯丙基三硫醚和二烯丙基四硫醚都是大蒜精油主要成分.

对丁香挥发油成分分析发现:其挥发油组分主要为倍半萜烯和酚类物质,其中主要成分丁香酚相对含量为 85.82%; α 和 β 两种类型的萹草烯含量都较高,

分别为 2.17%、8.74%. González-Rivera 等^[12]分析了水蒸气蒸馏获得的丁香油成分,其中丁香酚含量为 66.90%,石竹烯含量为 24.80%,萹草烯和乙酸丁香酚酯含量分别为 3.10% 和 2.70%.

表 2 大蒜精油成分分析

Tab. 2 Major chemical composition of garlic essential oil

化合物名称	含量/%
二烯丙基硫醚	12.18
5-甲基呋喃醛	0.36
反式 2,5-二甲基噻吩	0.04
2,3-二甲基噻吩	0.29
1,3-二噻烷	0.05
3,4-二甲基噻吩	0.05
二烯丙基二硫醚	27.83
乙基硫脲	0.67
二烯丙基二硫	0.41
茛满	0.15
2,4-二甲基噻吩	0.07
1,3,5-三噻吩	0.85
3-乙炔基-1,2-二噻吩	8.48
二硫代戊酯	10.2
1,3,7-三噻烷	0.21
4-乙炔基-4H-1,2-二噻英	4.83
2-乙基噻吩	0.1
3-乙炔基-1,2-二硫-4-己烯环	0.21
3-乙炔基-1,3-二噻吩	0.72
3-乙炔基-1,2-二硫-5-己烯环	0.37
二烯丙基三硫醚	22.52
苯并噻吩	2.46
烯丙基硫代乙酸甲酯	0.79
1,2-二噻吩-1-氧化物	0.53
二烯丙基四硫醚	1.38

表 3 丁香精油成分分析

Tab. 3 Major chemical composition of clove essential oil

化合物名称	含量/%	化合物名称	含量/%
邻羟基苯甲酸甲酯	0.01	丁香酚	85.82
对烯丙基苯酚	0.07	石竹烯	0.15
(-)- α -萹草烯	0.07	甜没药烯	0.01
γ -榄香烯	0.01	异丁香酚	0.07
2-甲基-2-金刚烷醇	0.01	α -萹草烯	2.17
甲基丁香酚	0.05	β -杜松烯	0.03
β -萹草烯	8.74	α -芹子烯	0.03
(+)- α -长叶蒎烯	0.01	γ -蛇床烯	0.07
(-)- α -新丁香三环烯	0.01	异喇叭烯	0.32
(-)-氧化石竹烯	1.27	菖蒲烯	0.15
(-)- α -柏木烯	0.01	胡椒烯	0.03
(E,E)-A-金合欢烯	0.05	(+)-喇叭烯	0.01
乙酸丁香酚酯	0.21		

对超临界萃取的茴香油运用气质联用仪对其成分进行研究发现:茴香油主要成分为茴香脑(81.17%)、对烯丙基茴香醚(4.59%)、小茴香酮(1.49%)和柠檬烯(1.13%). Díaz-Maroto 等^[13]研究由

同步蒸馏和超临界萃取两种方法获得的茴香精油成分一致,主要成分为反式茴香脑、对烯丙基茴香醚和茴香酮。但是两者的相对含量仍有较大差别。

表4 茴香精油成分分析

Tab. 4 Major chemical composition of fennel essential oil

化合物名称	含量/%	化合物名称	含量/%
α -蒎烯	0.5	对烯丙基茴香醚	4.59
β -水芹烯	0.1	对烯丙基茴香醚	2.44
γ -水芹烯	0.05	茴香脑	81.17
月桂烯	0.06	β -榄香烯	0.06
α -水芹烯	0.06	α -葑烯	0.38
3-葑烯	0.25	衣兰烯	0.05
4-葑烯	0.03	γ -榄香烯	0.04
柠檬烯	1.13	α -金合欢烯	0.28
罗勒烯	0.03	石竹烯	0.67
松油醇	0.63	α -甜没药烯	0.64
异杜烯	0.06	肉豆蔻酸	0.07
β -松油醇	0.1	小茴香酮	1.49
大茴香醛	2.13		

4种精油成分复杂,但共有一些相同成分,如蒎烯、榄香烯、石竹烯、松油醇等化合物。 α -蒎烯在生姜精油和茴香精油中的含量分别为0.82%和0.50%。生姜精油和茴香精油中都检测出松油醇,其中生姜精油是 α -松油醇,含量为0.24%;茴香精油中的是 β -松油醇,含量为0.10%。榄香烯在生姜精油、丁香精油和茴香精油中含量分别为1.33%、0.01%和0.10%。

2.2 调味料精油对 DPPH· 的清除活性

4种调味料精油对 DPPH· 的清除活性如图1所示。由图1可知:在实验浓度范围内,调味料精油清除 DPPH· 能力随着质量浓度的增加而增加,当质量浓度达到 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,丁香精油和茴香精油清除率分别为 62.72%、53.85%;当质量浓度继续增加到 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,生姜、大蒜、丁香、茴香精油对 DPPH· 的清除率分别为 60.43%、30.77%、74.26%、67.95%。当 VC 质量浓度为 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,清除率已超过 80%,说明其具有良好的抗氧化能力。当质量浓度达到 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时丁香精油、茴香精油、生姜精油和 VC 对 DPPH· 清除率相差不大。4种植物精油均对 DPPH· 有不同程度的清除能力,综合来看精油清除能力从大到小依次为丁香精油、茴香精油、生姜精油、大蒜精油。实验结果中丁香精油对 DPPH· 清除能力最强,实验结果与刘万巨^[14]的研究结果一致,其原因是采用超临界萃取获得的丁香精油中含有大量的丁香酚,酚类物质具有较强的抗氧化活性,故而丁香精油本身清除 DPPH· 能力较强。

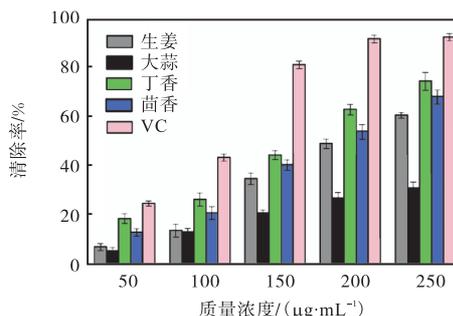


图1 不同调味料精油对 DPPH· 的清除活性

Fig. 1 Activity of DPPH· scavenging of different essential oils

2.3 调味料精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除活性

4种调味料精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除活性如图2所示。

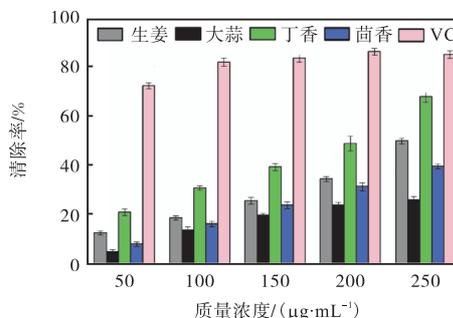
图2 不同调味料精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除活性

Fig. 2 Superoxide anion radical scavenging of different essential oils

从图2可以看出:调味料精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除率与精油质量浓度呈线性关系。当质量浓度为 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,大蒜精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 清除率只有 4.96%,茴香精油清除率为 8.15%,生姜、丁香精油清除率分别为 12.64%、20.94%。当质量浓度为 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,生姜、大蒜、丁香、茴香精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除率依次为 18.72%、13.75%、30.78%和 16.31%。当精油质量浓度为 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,生姜精油和丁香精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除率均超过 50%。在实验质量浓度范围内,VC 均表现出极强的清除能力,清除率均在 70%以上。植物精油在清除 $\cdot\text{O}_2^-$ 方面明显不如 VC 能力强,但是当质量浓度达到 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时,丁香精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除率接近 VC 的清除率。在 4 种调味料精油中,丁香精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 的清除能力最强,其次为生姜精油,大蒜精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 清除能力最低,当质量浓度为 250 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 其对 $\cdot\text{O}_2^-$ 自由基清除率仅为 26.08%。实验结果显示 4 种调味料精油对 $\cdot\text{O}_2^-$ 均具有一定的清除能力。

2.4 调味料精油对 $\cdot\text{OH}$ 的清除活性

4种调味料精油对 $\cdot\text{OH}$ 的清除活性如图3所

示. 由图 3 可知: 4 种调味料精油对·OH 均具有较强的清除能力并且清除能力随着质量浓度的增加而逐渐增加. 当精油质量浓度为 50 $\mu\text{g/mL}$ 时, 生姜、大蒜、丁香、茴香精油清除·OH 的清除率依次为 13.66%、3.55%、23.57%、6.72%. 当质量浓度为 200 $\mu\text{g/mL}$ 时, 丁香对·OH 清除率达到 53.41%, 生姜精油对其清除率为 34.83%, 大蒜精油和茴香精油清除率分别为 22.84% 和 27.53%. 观察 VC 对·OH 清除能力, 除了质量浓度为 50 $\mu\text{g/mL}$ 清除率仅为 12.77% 低于生姜精油和丁香精油的清除率, 其余质量浓度指标均高于实验组. 4 种调味料超临界精油对·OH 清除能力从大到小依次为丁香、生姜、茴香、大蒜. Fujisawa 等^[15]发现丁香精油中的丁香酚物质在抗氧化方面发挥了重要作用, 主要由于丁香酚中不饱和双键能够贡献酚氢原子, 从而具有抗氧化活性. Mi 等^[16]说明生姜精油能够作为自由基清除剂应用于食品工业中, 主要缘于生姜中的酚类物质如姜酚、姜烯酚等能够给电子或氢原子, 并且能够捕捉自由基, 从而终止过氧化链反应机制.

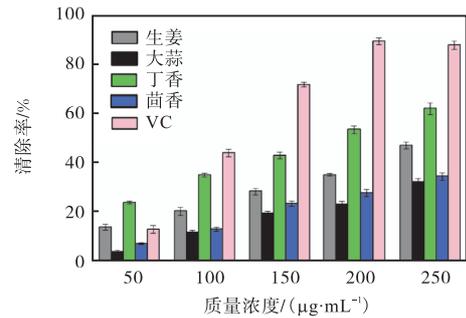


图 3 不同调味料精油对·OH 的清除活性

Fig. 3 Hydroxyl free radical scavenging of different essential oils

2.5 调味料精油的抑菌活性

采用琼脂扩散法研究调味料精油对于金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*)、大肠杆菌 (*E. coli*)、根霉 (*Rhizopus*)、黑曲霉 (*Aspergillus niger*) 和青霉 (*Penicillium*) 的抑菌活性. 以抑菌圈直径、MIC、MBC 指标评定调味料精油对测试菌种的抑菌作用, 结果见表 5—表 7.

表 5 调味料精油的抑菌圈直径

Tab. 5 Inhibition zone diameters of essential oils

精油品种	抑菌圈直径/mm				
	金黄色葡萄球菌	大肠杆菌	根霉	黑曲霉	青霉
大蒜	13.05 ± 0.05	11.05 ± 0.12	23.45 ± 0.14	20.05 ± 0.11	29.25 ± 0.17
茴香	9.05 ± 0.13	12.25 ± 0.14	17.25 ± 0.13	13.30 ± 0.15	34.60 ± 0.05
生姜	27.35 ± 0.17	10.90 ± 0.10	15.95 ± 0.09	11.20 ± 0.04	14.75 ± 0.08
丁香	22.05 ± 0.11	23.15 ± 0.24	27.30 ± 0.07	13.55 ± 0.16	10.15 ± 0.11

注: 滤纸片 $d=6\text{ mm}$, $d>10\text{ mm}$ 具有显著抑菌作用.

从表 5 可以看出: 调味料精油对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、根霉、黑曲霉和青霉都有不同程度的抑制作用. 其中, 大蒜精油对青霉抑制作用最强抑菌圈直径为 $(29.25 \pm 0.17)\text{ mm}$, 其次为根霉和黑曲霉. 茴香精油对青霉的抑制效果最好, 在测试浓度中青霉被完全抑制生长, 其对金黄色葡萄球菌的抑制作用最不明显, 抑菌圈直径为 $(9.05 \pm 0.13)\text{ mm}$. 然而生姜精油对金黄色葡萄球菌的抑制效果最好, 其抑菌圈直径达 $(27.35 \pm 0.17)\text{ mm}$, 对霉菌抑制作用比对细菌抑制作用较弱, 抑菌圈直径小于 16 mm. 根霉对丁香精油比较敏感, 其抑菌圈直径为 $(27.30 \pm 0.07)\text{ mm}$. 每种精油对细菌和真菌抑制作用不同, 大蒜精油及茴香精油对真菌的抑制作用大于对细菌抑制作用, 细菌对生姜精油和丁香精油更为敏感. 抑菌实验中精油对实验菌种抑菌圈直径均大于 9 mm, 所以调味料精油对测试菌种均表现出较强的抑制作用.

表 6 调味料精油的最小抑菌浓度

Tab. 6 MIC of essential oils

菌种	μg/mL			
	生姜	大蒜	丁香	茴香
金黄色葡萄球菌	15.25	20.25	16.50	25.75
大肠杆菌	24.50	18.00	16.75	20.50
根霉	19.75	17.50	15.50	22.25
黑曲霉	23.50	17.25	19.50	20.00
青霉	21.50	16.25	24.25	15.00

表 7 调味料精油的最小杀菌浓度

Tab. 7 MBC of essential oils

菌种	μg/mL			
	生姜	大蒜	丁香	茴香
金黄色葡萄球菌	40	60	50	80
大肠杆菌	70	50	40	70
根霉	60	50	40	80
黑曲霉	90	50	80	80
青霉	80	50	100	40

从表 6 和表 7 中发现: 精油品种不同对不同菌种的最小杀菌浓度和最小抑菌浓度也有所不同. 金黄色葡萄球菌对生姜精油最为敏感, 最小抑菌浓度为 15.25 $\mu\text{g/mL}$; 生姜精油对金黄色葡萄球菌抑制作用

最好,最小杀菌质量浓度为 40 $\mu\text{g/mL}$ 。在测试菌种中,丁香对大肠杆菌的抑制作用最强,最小抑菌质量浓度为 16.75 $\mu\text{g/mL}$,最小杀菌质量浓度为 40 $\mu\text{g/mL}$ 。MIC 和 MBC 数据与抑菌圈直径数据趋势一致,说明所选精油的抑菌活性较好,有潜力作为食品防腐剂应用于食品工业中。精油能渗透进细胞结构的磷脂双分子层,通过作用于微生物的细胞膜结构,从而使细胞膜形态发生改变,如出现褶皱、凹陷、破裂等现象,破碎的细胞膜使其渗透性发生改变,导致细胞内溶物流出,最终致使菌体死亡^[17-19]。

3 结 语

本文通过 DPPH·、 O_2^- 、 $\cdot\text{OH}$ 体外抗氧化指标来评价 4 种调味料超临界精油的抗氧化活性。4 种调味料超临界精油对自由基均有一定的清除能力,且清除力随着质量浓度的增加而增加,当质量浓度达到 250 $\mu\text{g/mL}$ 时,丁香、生姜、茴香精油对自由基清除率达到 50%,说明所选精油具有良好的抗氧化活性,尤其丁香精油对 3 种自由基均表现出较强的清除能力。采用琼脂扩散法研究调味料精油的抑菌活性,通过测量抑菌圈直径评定精油的抑菌效果。结果表明 4 种精油对测试菌种均表现出一定的抑菌效果,在抑菌方面具有较好的活性。本实验采用的是超临界萃取方法提取的 4 种调味料精油,该方法获得的精油有效成分多、含量高,并在抗氧化和抑菌方面均有良好的活性,在食品防腐剂和保健食品中都有潜在应用价值,有望开发成新型抑菌剂和抗氧化剂。

参考文献:

- [1] 陈建烟,李永裕,吴少华. 植物精油生物活性作用机理研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2012, 24(9): 1312-1318.
- [2] 杨君,张献忠,高宏建,等. 天然植物精油提取方法研究进展[J]. 中国食物与营养, 2012, 18(9): 31-35.
- [3] 王丽霞,钱佳,冯硕,等. 超临界提取生姜挥发油的抗氧化及抑菌活性[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(13): 31-34.
- [4] Daniel-Jambuna D, Ongad K S, Lim Y Y. Antioxidant properties of *Etilingera pubescens*, an edible ginger plant endemic to Borneo[J]. Food Bioscience, 2018, 25: 44-51.
- [5] Wang Y, Zhang Y, Shi Y, et al. Antibacterial effects of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) bark essential oil on *Porphyromonas gingivalis*[J]. Microbial Pathogenesis, 2018, 116: 26-32.
- [6] 白娟. 气质联用对不同提取法的八角茴香油化学成分的分析[J]. 化工管理, 2017(26): 150-151.
- [7] 苏彦利. 荖叶精油的提取及抑菌抗氧化活性研究[D]. 海口:海南大学, 2016.
- [8] Choi O, Cho S K, Kim J, et al. In vitro antibacterial activity and major bioactive components of *Cinnamomum verum* essential oils against cariogenic bacteria, *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus*[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2016, 6(4): 308-314.
- [9] 甘露,刘婷,匡文波,等. 4 种新疆地产芳香植物精油抗氧化作用比较研究[J]. 食品科学, 2010, 31(23): 36-39.
- [10] 段伟丽,刘艳秋,包怡红. 艾蒿精油的抑菌活性和稳定性[J]. 食品与生物技术学报, 2015, 34(12): 1332-1337.
- [11] Mesomo M C, Corazza M L, Ndiaye P M, et al. Supercritical CO_2 extracts and essential oil of ginger (*Zingiber officinale* R.): Chemical composition and antibacterial activity[J]. Journal of Supercritical Fluids, 2013, 80(30): 44-50.
- [12] González-Rivera J, Duce C, Falconieri D, et al. Coaxial microwave assisted hydrodistillation of essential oils from five different herbs (lavender, rosemary, sage, fennel seeds and clove buds): Chemical composition and thermal analysis[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 33: 308-318.
- [13] Díaz-Maroto M C, Díaz-Maroto H I J, Sánchez-Palomo E, et al. Volatile components and key odorants of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil extracts obtained by simultaneous distillation-extraction and supercritical fluid extraction[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(13): 5385-5389.
- [14] 刘万臣. 丁香精油抗菌性、抗氧化活性及其对果蔬贮藏效果的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2008.
- [15] Fujisawa S, Atsumi T, Kadoma Y, et al. Antioxidant and prooxidant action of eugenol-related compounds and their cytotoxicity[J]. Toxicology, 2002, 177(1): 39-54.
- [16] Mi H, Guo X, Li J. Effect of 6-gingerol as natural antioxidant on the lipid oxidation in red drum fillets during refrigerated storage[J]. Food Science and Technology, (下转第 56 页)

- [14] Wei Z, Jiang G H, Shen L, et al. Preparation of Mn-doped BiOBr microspheres for efficient visible-light-induced photocatalysis[J]. MRS Communications, 2013, 3(3): 145–149.
- [15] Wen X J, Zhang C, Niu C G, et al. Facile synthesis of a visible light α -Fe₂O₃/BiOBr composite with high photocatalytic performance[J]. RSC Advances, 2016, 6(5): 4035–4042.
- [16] 李新玉, 方艳芬, 熊世威, 等. 不同溴源制备铁掺杂 BiOBr 及其可见光光催化活性研究[J]. 分子催化, 2013, 27(6): 575–584.
- [17] Guan M L, Xiao C, Zhang J, et al. Vacancy associates promoting solar-driven photocatalytic activity of ultrathin bismuth oxychloride nanosheets[J]. Journal of the American Chemical Society, 2013, 135(28): 10411–10417.
- [18] Zhang S J, Wang D Y, Song L M. A novel F-doped BiOCl photocatalyst with enhanced photocatalytic performance[J]. Materials Chemistry and Physics, 2016, 173: 298–308.
- [19] 陶萍芳, 周凤燕, 周能, 等. Ni²⁺离子掺杂 Ag₃PO₄ 纳米微球的水热合成及其光催化性能[J]. 化工新型材料, 2017, 45(6): 92–94.
- [20] Zhang X, Zhang L Z, Xie T F, et al. Low-temperature synthesis and high visible-light-induced photocatalytic activity of BiOI/TiO₂ heterostructures[J]. The Journal of Physical Chemistry C, 2009, 113(17): 7371–7378.
- [21] Lin L, Huang M H, Long L P, et al. Fabrication of a three-dimensional BiOBr/BiOI photocatalyst with enhanced visible light photocatalytic performance[J]. Ceramics International, 2014, 40(8): 11493–11501.

责任编辑: 周建军

(上接第 38 页)

- 2016, 74: 70–76.
- [17] Zhang Y, Liu X, Wang Y, et al. Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*[J]. Food Control, 2016, 59: 282–290.
- [18] Wang F, Wei F, Song C, et al. *Dodartia orientalis* L. essential oil exerts antibacterial activity by mechanisms of disrupting cell structure and resisting biofilm[J]. Industrial Crops & Products, 2017, 109: 358–366.
- [19] Lou Z, Chen J, Yu F, et al. The antioxidant, antibacterial, antibiofilm activity of essential oil from *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* and its nanoemulsion[J]. LWT Food Science and Technology, 2017, 80: 371–377.

责任编辑: 郎婧

(上接第 43 页)

- 津: 天津科技大学, 2012.
- [18] 李岩然, 白洁, 李永祺, 等. 盐田生态系统的生物调控[J]. 海洋科学, 1998, 22(6): 38–40.
- [19] 贺华, 王学魁, 孙之南. 我国盐田生物领域技术研究与开发进展[J]. 盐业与化工, 2007, 36(6): 45–50.
- [20] 冯俊举, 王绪书, 翟拥军. 海水淡化与制盐联产方式的研究[J]. 盐业与化工, 2005, 34(5): 4–6.
- [21] 唐娜. 海盐制盐工: 基础知识[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [22] 蒋建伟, 王玉杰, 马俊涛. 论盐田卤水的渗漏及防渗措施[J]. 盐科学与化工, 2017, 46(1): 25–27.
- [23] 夏万顺, 夏树海. 论盐田藻垫的防渗作用[J]. 苏盐科技, 1996(2): 4–6.

责任编辑: 周建军