肉桂、百里香、罗勒精油联合抑菌活性研究

徐海星， 周柳莎， 胡香莲， 俞瑜媛， 施永清*
（浙江工商大学食品与生物工程学院 杭州 310018）

摘要 目的：为探究肉桂、百里香及罗勒精油对致病菌的抑菌作用。方法：选取 5 种常见致病菌为受试菌，采用棋盘稀释法、抑菌圈等方法选出具有协同抑菌的复配精油，借助气相色谱-质谱联用仪分析 3 种精油的特征组分。研究大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌细胞膜通透性。结果：GC-MS 分析表明肉桂醛、百里酚和丁香酚分别为肉桂精油、百里香精油和罗勒精油中的主要抑菌成分。肉桂和百里香精油复配对大肠杆菌和副溶血性弧菌的 FIC 为 0.5，肉桂与罗勒精油复配对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的 FIC 为 0.5。肉桂醛-百里酚复配处理大肠杆菌和副溶血性弧菌的 OD_{280nm} 比单一组分处理的 OD_{280nm} 分别提升了 6.13%，4.42%，比单一百里酚分别提升了 12.44%，12.53%。同样，肉桂醛-丁香酚复配处理大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的 OD_{280nm} 比单一肉桂醛分别提升了 8.97%，7.38%，比单一丁香酚分别提升了 17.02%，24.69%。结论：肉桂和百里香精油复配对大肠杆菌和副溶血性弧菌具有协同抑菌作用，肉桂-百里香精油和肉桂-罗勒精油的协同抑菌分别是肉桂醛-百里酚和肉桂醛-丁香酚的联合作用所致，且复配组分通过破坏菌体的细胞膜完整性，使其通透性增加，核酸、蛋白质等胞内容物大量泄露，导致菌体死亡。

关键词 植物精油；特征组分；联合抑菌；细胞膜通透性
文章编号 1009-7848(2024)12-0105-12 **DOI**：10.16429/j.1009-7848.2024.12.010

植物精油是植物二次代谢产生并从植物器官中提取的挥发性油性化合物[1-2]。植物精油具有广谱抑菌特性，其中肉桂精油、百里香精油以及罗勒精油对大肠杆菌、金黄葡萄球菌、沙门氏菌以及副溶血性弧菌等多种致病菌有良好的抑制作用[3-4]，是天然的防腐剂。国内外对这 3 种精油的研究主要集中于单一精油的抑菌活性[5-6]，精油有效抑菌成分分析[7-8]和精油抑菌机理[9-10]等方面。然而，不同精油的抑菌成分不同，对各类致病菌抑制作用也有所不同[11]。研究由不同精油混合配制的复合精油的抑菌效果具有重要意义。

近年来，关于精油复配抑菌作用，有探讨关于精油中抑菌成分间的复配，如 Ye 等[12]发现香芹酚-肉桂醛的联用对 7 种食源性病菌产生协同效果；还有与其它种类的精油复配，如王颖等[13]将山苍子-肉桂精油复配，发现复配精油与单一精油相比，对大肠杆菌相对电导率分别提升了 21%和 12%，表现出优异的协同抗菌性能；此外，与某药物复配，如 Lagy 等[14]将丁香酚与药物头孢噻肟联用，对金黄色葡萄球菌的抑制有协同增效作用。目前肉桂精油、百里香精油以及罗勒精油间复配的抑菌作用的研究文献较少。

本试验选取肉桂精油、百里香精油和罗勒精油 3 种植物精油为研究对象，探讨对 5 种常见致病菌（大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、副溶血性弧菌以及白色葡萄球菌）的单一及复合抑菌活性。采用 GC-MS 仪分析 3 种精油的主要抑菌组分，研究复配组分对菌体细胞膜通透性的影响。

1 材料与方法

1.1 材料和试剂

金黄色葡萄球菌（*Staphylococcus aureaus*）、沙门氏菌（*Salmonella*）、白色葡萄球菌（*Staphylococcus albus*）、副溶血性弧菌（*Vibrio parahaemolyticus*）、大肠杆菌（*Escherichia coli*），于-40 ℃保存，实验室提供；肉桂精油、百里香精油、罗勒精油，江西省吉水县益康天然香料油提炼厂；肉桂醛、丁香酚、百里酚，上海源叶生物科技有限公司；吐温-80，西陇科学股份有限公司。

1.2 仪器与设备

QP2010 Ultra 气相色谱-质谱联用仪，日本岛津公司；DDSJ-308A 型电导率仪，上海仪电科学仪器股份有限公司；SpectraMax iD3 酶标仪，美谷分

收稿日期：2023-12-28
第一作者：徐海星，女，硕士
通信作者：施永清 E-mail：shiyq@zjsu.edu.cn

子仪器(上海)有限公司;SW-CJ-1D 单人净化工作台，浙江苏净净化实业有限公司;SPX-250B-Z 生化培养箱,上海博讯实业有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 菌悬液的制备 对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、沙门氏菌、副溶血性弧菌以及白色葡萄球菌进行活化，在 37 ℃培养 10~12 h。菌悬液浓度为 1×10^9 CFU/mL。

1.3.2 精油成分分析 采用 QP2010Ultra 型气相色谱-质谱联用(Gas Chromatography-Mass Spectrometry,GC-MS) 仪。色谱条件 [15]：色谱柱 VF-WAXms 毛细管柱(30 m×0.25 mm×0.25 μm),进样温度 250 ℃,分流比 200:1,载气为氦气,恒流模式,柱流速 1 mL/min;柱温 35 ℃保持 3 min,以 2 ℃/min 升到 150 ℃，然后以 4 ℃/min 升到 240 ℃，保持 15 min。

1.3.3 精油的抑菌活性测定

1.3.3.1 精油气相扩散抑菌 测定肉桂精油、百里香精油、罗勒精油的抑菌活性[16]。用无菌 10%吐温-80 配制得到浓度为 400 μL/mL 的精油溶液。无菌 0.9% NaCl 稀释菌悬液至 10^{-7}，取 10 μL 菌悬液均匀涂布到营养琼脂培养基表面，吸取 20 μL 精油溶液加至直径为 6 mm 的无菌滤纸片上，将滤纸片紧贴在皿盖中央，以 10%吐温-80 为对照组。37 ℃倒置培养 12 h 后。计算每个平板的菌落数,并根据式(1)计算抑菌率 R。

$$R(\%)=\frac{N_c-N_t}{N_c}\times100 \qquad (1)$$

式中：N_c 为对照组的平均菌落数,CUF/mL;N_t 为试验组的平均菌落数,CUF/mL。

1.3.3.2 精油液相扩散抑菌 利用打孔法[17],按照 1.3.3.1 节配制精油溶液和稀释菌悬液，取 10 μL 菌悬液涂布到营养琼脂培养基表面，吸取 20 μL 精油溶液滴加至直径为 6 mm 的培养基孔洞中。37 ℃培养 12 h 后。计算每个平板的菌落数,根据 1.3.3.1 节公式计算抑菌率 R。

1.3.4 最小抑菌浓度(Minimal Inhibit Concentration,MIC)测定 测定肉桂精油、百里香精油、罗勒精油、肉桂醛、百里酚和丁香酚的 MIC[18]。取 10 支无菌试管并编号为 1~10,在 1~9 号试管中各加入 1 mL 灭菌的肉汤培养基;在 1 号试管中加入 1 mL 质量浓度为 256 μL/mL 的精油(用无菌的 10%吐温-80 稀释)后混合均匀,再吸取 1 mL 至 2 号试管中,以此二倍稀释至 8 号无菌试管中,最后弃去 1 mL;使其终质量浓度为 128~1 μL/mL。同样配制肉桂醛、丁香酚(用无菌 2%吐温-80)溶液,终质量浓度为 64~0.5 μL/mL,百里酚终质量浓度为 64~0.5 μg/mL。在 1~8 号试管中加入 100 μL 菌悬液(菌悬液浓度 1×10^6 CFU/mL)，其中 9 号试管作为阴性对照只加受试菌液,10 号试管作为阳性对照只加精油或组分,于 37 ℃培养 12 h,观察试管中是否变浑浊。每组平行 3 次。

1.3.5 联合抗菌活性的测定 依据 3 种精油 MIC 实验结果,选肉桂精油与百里香精油、罗勒精油进行复配。以分级抑菌指数 (Fractional Inhibitory Concentration,FIC)作为判断协同抑菌的依据[19]：

$$\text{FIC 指数}=\frac{MIC_{A_0}}{MIC_A}+\frac{MIC_{B_0}}{MIC_B} \qquad (2)$$

式中：MIC_{A_0} 为 A 和 B 联用时 A 的 MIC;MIC_{B_0} 为 A 和 B 联用时 B 的 MIC;MIC_A 为 A 单独时的 MIC;MIC_B 为 B 单独时的 MIC。

FIC 指数判定标准:FIC≤0.5 时具有协同作用;0.5<FIC≤1 时具有相加作用;1<FIC≤ 2 时为效果无关;FIC>2 时具有拮抗作用。

1.3.6 复配精油的抑菌活性 根据 FIC 指数,测定协同作用的复配精油或组分的抑菌活性。吸取 20 μL 菌悬液(浓度为 1×10^5 CFU/mL)进行涂布并加入 100 μL 复配精油或组分,37 ℃培养 12 h 后通过测量抑菌圈的直径判断其抑菌效果。

抑菌圈直径≤7 mm 为不敏感;7 mm<抑菌圈直径≤10 mm 为低度敏感;10 mm<抑菌圈直径≤15 mm 为中度敏感;15 mm<抑菌圈直径≤20 mm 为高度敏感;抑菌圈直径>20 mm 为高度敏感[20]。

1.3.7 对菌体生长曲线影响 活化大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌至对数生长期并使菌悬液浓度为 1×10^6 CFU/mL，在菌悬液中加入不同浓度的肉桂醛、百里酚以及丁香酚溶液,最终浓度为 1 MIC 肉桂醛、1 MIC 百里酚、1 MIC 丁香酚、1/2 MIC 肉桂醛+1/2 MIC 百里酚、1/2 MIC 肉桂醛+1/2 MIC 丁香酚，以等量吐温-80 为空白对照,每 2 h 取样,测定 12 h 内600 nm 处的吸光度[21]。

1.3.8　菌液电导率的测定　分别离心并收集大肠杆菌、副溶血性弧菌、金黄色葡萄球菌的沉淀，用无菌 PBS 缓冲液洗涤后重悬至含有不同浓度的肉桂醛、百里酚和丁香酚溶液中（与 1.3.7 节相同），于 37 ℃，150 r/min 摇床培养 9 h；每 3 h 取样，离心（6 000 r/min，10 min），以仅吐温-80 和菌悬液作为空白对照组。测定上清液的电导率，取样时间点与 0 h 对应的电导率之差表示电导率增值[22]。

1.3.9　对菌体核酸和蛋白质泄露影响　在浓度为 1×10^6 CFU/mL 的菌悬液中加入不同浓度的肉桂醛、百里酚、丁香酚溶液，制备方法与 1.3.7 节相同，对照组加入等体积的吐温-80，37 ℃、转速 150 r/min 摇床培养，每个 3 h 取样，离心（6 000 r/min，10 min），测定上清液在 260 nm 和 280 nm 处的吸光值[23]。

1.4　数据分析

每个试验均重复 3 次，结果以均值±标准差表示。采用 Excel 2016、Origin 2018 对试验数据进行统计分析处理以及绘图。

2　结果与分析

2.1　肉桂精油、百里香精油、罗勒精油的抑菌活性

因不同精油中含有不同种类的抑菌成分，所以 3 种精油在气相和液相条件下，不同的抑菌敏感性程度不同（见图 1）。其中，肉桂精油在气相和液相均对 5 种细菌有较高的抑菌率。在液相条件下，百里香精油对 5 种细菌的抑菌率均高于在气相下的抑菌率，可能是在气态下，精油中某些抑菌作用的挥发成分在 37 ℃挥发性稍弱或没完全挥发，进而影响了抑菌作用。与气相条件下抑菌率相比，液相下罗勒精油对大肠杆菌、副溶血性弧菌以及白葡萄球菌的抑菌率较高，对金黄色葡萄球菌的抑菌率较低。刘晓丽等[24]通过气相和液相状态测定丁香精油表明对大肠杆菌的气相抑菌弱于液相抑菌作用，这与本试验结果相似。综合考虑，选择液相的方法进行后续试验以及抑菌效果最好的肉桂精油与百里香精油、罗勒精油进行后续的复配。

2.2　肉桂、百里香和罗勒精油 GC-MS 化学成分分析

2.2.1　肉桂精油液体进样成分分析　经 GC-MS 分析得到了肉桂精油成分总离子流谱图，见图 2。

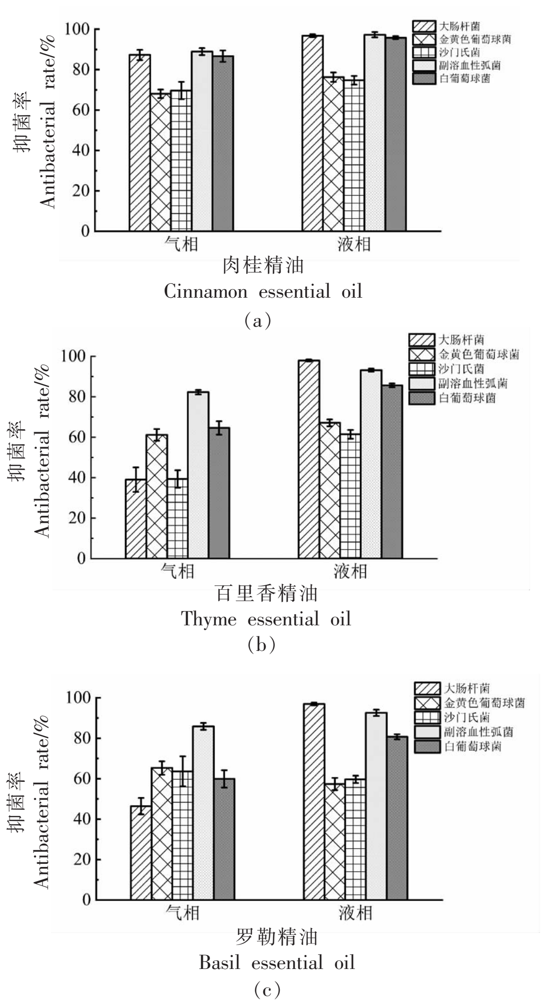


图 1　肉桂、百里香、罗勒精油的气相和液相的抑菌活性

Fig.1　Antibacterial activities of cinnamon, thyme and basil essential oils in the gas, liquid and solid phases

表 1 列出了相对含量大于等于 1%的 4 种化合物，经鉴定可知，肉桂精油中主要含有肉桂醛（83.67%）、香豆素（4.12%）、乙酸桂酯（3.98%）、苯甲醛（1.17%）。在这些成分中，肉桂醛占精油相对含量最多，为 83.67%，且研究表明肉桂醛具有显著的抗菌功效，对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等细菌有明显抑制作用[25-26]。因此选取肉桂醛为肉桂精油的特征组分。

2.2.2　百里香精油液体进样成分分析　图 3 可知，百里香精油经 GC-MS 测定共分离出 38 个色谱峰，见图 1。表 1 列出了其 5 种主要成分以及相对含量，经鉴定可知，百里香精油种含有百里酚（29.89%）、三乙酸甘油酯（18.49%）、苯乙醇（11.78%），

这 3 种成分占百里香精油相对含量的 60.16%；其次为香茅醇(6.22%)和苯甲酸苄酯(1.67%)占精油相对含量的 7.89%。而在这些成分中，百里酚作为主要抗菌化合物，研究表明百里酚对细菌和真菌都有很强的抑制作用，可通过改变细菌细胞膜的通透性以达到抑菌效果[27-28]。故选取百里酚作为其精油的特征组分进行后续试验。

表 1 肉桂精油主要化学成分(≥1%)

Table 1 Main chemical components(≥1%) of cinnamon essential oil

序号	保留时间	化合物名称	分子式	相对含量/%
1	31.36	苯甲醛	C_7H_6O	1.17
2	46.04	肉桂醛	C_9H_8O	83.67
3	48.42	乙酸桂酯	$C_{11}H_{12}O$	3.98
4	55.73	香豆素	$C_9H_6O_2$	4.12

表 2 百里香精油主要化学成分(≥1%)

Table 2 Main chemical components(≥1%) of thyme essential oil

序号	保留时间	化合物名称	分子式	相对含量/%
1	38.24	香茅醇	$C_{10}H_{20}O$	6.22
2	42.47	苯乙醇	$C_8H_{10}O$	11.78
3	46.23	三乙酸甘油酯	$C_9H_{14}O_6$	18.49
4	49.62	百里酚	$C_{10}H_{14}O$	29.89
5	59.92	苯甲酸苄酯	$C_{14}H_{12}O_2$	1.67

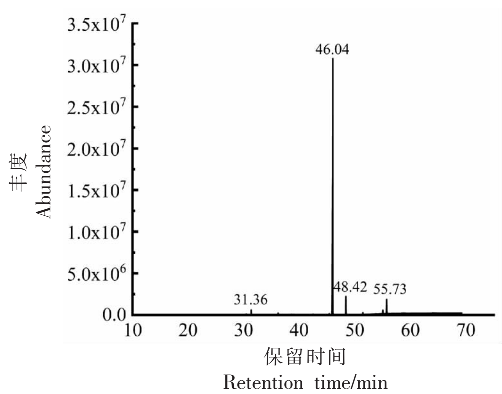


图 2 肉桂精油 GC-MS 总离子流谱图

Fig.2 GC-MS total ion spectra of cinnamon essential oil

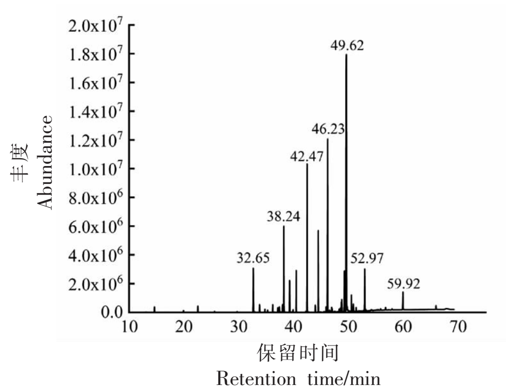


图 3 百里香精油 GC-MS 总离子流图

Fig.3 GC-MS total ion flow diagram of thyme essential oil

2.2.3 罗勒精油液体进样成分分析 罗勒精油的 GC-MS 总离子流谱图中有 60 个色谱峰。表 3 列出罗勒精油主要的化学成分：丁香酚(32.69%)、莰烯（44.04%），这两者占罗勒精油相对含量的 76.73%，其次为 α-石竹烯(3.08%)、2-乙基己酸酐(3.12%)，其相对含量为 6.20%。其中，丁香酚和莰烯这两种物质均有显著的抑菌作用，而莰烯通常以开发其衍生物研究其抑菌活性，丁香酚本身具有较强的抑菌活性被广泛运用[39-30]。综合考虑，选择丁香酚为罗勒精油的特征组分。

表 3 罗勒精油主要化学成分(≥1%)

Table 3 Main chemical components(≥1%) of basil essential oil

序号	保留时间	化合物名称	分子式	相对含量/%
1	13.32	莰烯	$C_{10}H_{16}$	44.04
2	33.92	α-石竹烯	$C_{15}H_{24}$	3.08
3	48.75	丁香酚	$C_{10}H_{12}O_2$	32.69
4	50.88	2-乙基己酸酐	$C_{16}H_{30}O_3$	3.12

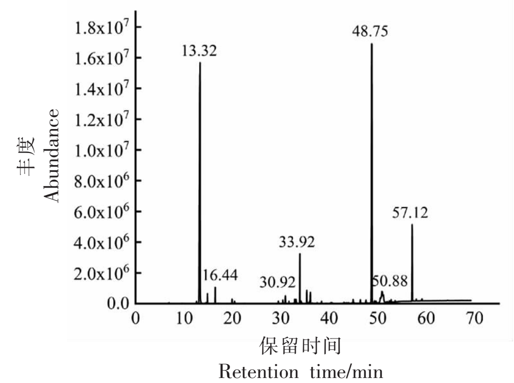


图 4　罗勒精油 GC-MS 总离子流图

Fig.4　GC-MS total ion flow diagram of basil essential oil

2.3　肉桂精油、百里香精油、罗勒精油 MIC 以及联合抑菌效果分析

由表 4 所示，肉桂精油对大肠杆菌、副溶血性弧菌、沙门氏菌以及白色葡萄球菌的 MIC 为 16 μL/mL，对金黄色葡萄球菌的 MIC 为 8 μL/mL；这与侯克洪等[31]研究肉桂精油乳液对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌效果（MIC 为 6~7 μL/mL）一致。百里香精油对大肠杆菌、副溶血性弧菌的 MIC 为 16 μL/mL，对金黄色葡萄球菌、沙门氏菌以及白色葡萄球菌的 MIC 为 32 μL/mL，优于徐冰等[32]研究百里香精油纳米乳液对金黄色葡萄球菌的抑制作用（MIC 为 78.1 μL/mL），同时将肉桂、百里香精油以各自 MIC 的 1/2 倍、1/4 倍、1/8 倍进行复配后，对大肠杆菌和副溶血性弧菌中表现出协同抑菌，FIC 指数均为 0.5，而对金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、副溶血性弧菌以及白色葡萄球菌表现为相加抑菌。

表 4　肉桂精油和百里香精油的 MIC 以及联合抑菌表

Table 4　MIC of cinnamon essential oil and thyme essential oil and joint bacteriostatic table

菌种	MIC$_{肉桂精油}$/(μL/mL)	MIC$_{百里香精油}$/(μL/mL)	MIC$_{肉桂复配}$(μL/mL)	MIC$_{百里香复配}$/(μL/mL)	FIC$_{肉桂-百里香}$指数	联合效果
大肠杆菌	16	16	4	4	0.50	协同作用
金黄色葡萄球菌	8	32	2	16	0.75	相加作用
沙门氏菌	16	32	8	16	1.00	相加作用
副溶血性弧菌	16	16	8	8	0.50	协同作用
白色葡萄球菌	16	32	8	16	1.00	相加作用

由表 5 所示，罗勒精油在大肠杆菌、副溶血性弧菌的 MIC 均为 32 μL/mL，在金黄色葡萄球菌、沙门氏菌的 MIC 均为 64 μL/mL，对白色葡萄球菌的 MIC 为 128 μL/mL。表明罗勒精油抑制大肠杆菌和副溶血性弧菌最有效，其次是金黄色葡萄球菌和沙门氏菌。这结果与 Dan 等[33]发现结果一致。将肉桂、罗勒精油以各自 MIC 的 1/2 倍、1/4 倍、1/8 倍进行复配后，在大肠杆菌、金黄色葡萄球菌和沙门氏菌中表现出协同抑菌，FIC 指数均为 0.5。

表 5　肉桂精油和罗勒精油的 MIC 以及联合抑菌表

Table 5　MIC of cinnamon essential oil and basil essential oil and combined bacteriostatic table

菌种	MIC$_{肉桂精油}$/(μL/mL)	MIC$_{罗勒精油}$/(μL/mL)	MIC$_{肉桂复配}$/(μL/mL)	MIC$_{罗勒复配}$/(μL/mL)	FIC$_{肉桂-罗勒}$指数	联合效果
大肠杆菌	16	32	4	8	0.50	协同作用
金黄色葡萄球菌	8	64	2	16	0.50	协同作用
沙门氏菌	16	64	4	16	0.50	协同作用
副溶血性弧菌	16	32	4	16	0.75	相加作用
白葡萄球菌	16	128	8	32	1.00	相加作用

2.4　3 种精油各特征组分的 MIC 以及联合抑菌效果分析

选取肉桂精油和百里香精油的特征组分肉桂醛和百里酚进行 MIC 测定（见表 6），结果表明，肉桂醛在大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、白葡萄球菌以及沙门氏菌的 MIC 为 2 μL/mL，在副溶血性弧菌

的 MIC 为 4 μL/mL；百里酚在大肠杆菌和副溶血性弧菌的 MIC 为 8 μg/mL，在金黄色葡萄球菌、白葡萄球菌以及沙门氏菌的 MIC 为 16 μg/mL；优于 Lysett 等[34]研究百里酚在革兰氏阳性菌的 MIC 为 0.1~0.2 mg/mL。根据 FIC 指数的判断，发现肉桂醛和百里酚在大肠杆菌和副溶血性弧菌中表现出协同抑菌的效果，与表 4 中肉桂精油和百里香精油的 FIC 指数结果一致，推测肉桂和百里香精油的协同抑菌是因肉桂醛和百里酚这两个化合物对大肠杆菌和副溶血性弧菌协同抑制作用导致。

表 6 肉桂醛和百里酚的 MIC 以及联合抑菌表

Table 6 MIC of cinnamaldehyde and thymol and combined bacteriostatic table

菌种	$MIC_{肉桂醛}$/(μL/mL)	$MIC_{百里酚}$/(μg/mL)	$MIC_{肉桂醛复配}$/(μL/mL)	$MIC_{百里酚复配}$/(μg/mL)	$FIC_{肉桂醛-百里酚}$指数	联合效果
大肠杆菌	2	8	0.5	4	0.50	协同作用
金黄色葡萄球菌	2	16	0.5	8	0.75	相加作用
沙门氏菌	2	16	1	8	1.00	相加作用
副溶血性弧菌	4	8	1	2	0.50	协同作用
白葡萄球菌	2	16	0.5	8	0.75	相加作用

罗勒精油特征组分丁香酚测定其 MIC 值，结果见表 7。丁香酚在大肠杆菌、金黄色葡萄球菌以及副溶血性弧菌的 MIC 为 8 μL/mL，在沙门氏菌和白色葡萄球菌的 MIC 分别为 16，32 μL/mL。根据 FIC 指数的标准，肉桂醛和丁香酚复配在大肠杆菌、金黄色葡萄球菌中同样表现出协同抑菌效果，FIC 均为 0.5，与 Lu 等[35]研究肉桂醛和丁香酚的联合作用，测定对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的 FIC 分别为 1.00 和 0.625，本试验协同抑菌效果更好。与表 5 结果相比，肉桂醛与丁香酚在沙门氏菌中表现相加抑菌作用，研究表明蒎烯对沙门氏菌、大肠杆菌、金黄色葡萄球菌有抑制作用[36-37]，推测蒎烯与肉桂醛联合可能对沙门氏菌产生协同抑菌的作用。

表 7 肉桂醛和丁香酚的 MIC 以及联合抑菌表

Table 7 MIC of cinnamaldehyde and eugenol and combined bacteriostatic table

菌种	$MIC_{肉桂醛}$/(μL/mL)	$MIC_{丁香酚}$/(μL/mL)	$MIC_{肉桂醛复配}$/(μL/mL)	$MIC_{丁香酚复配}$/(μL/mL)	$FIC_{肉桂醛-丁香酚}$指数	联合效果
大肠杆菌	2	8	0.5	2	0.50	协同作用
金黄色葡萄球菌	2	8	0.5	2	0.50	协同作用
沙门氏菌	2	16	0.5	8	0.75	相加作用
副溶血性弧菌	4	8	2	4	0.75	相加作用
白葡萄球菌	2	32	1	16	1.00	相加作用

2.5 精油复配和各特征组分复配抑菌效果

2.5.1 肉桂-百里香精油及肉桂醛-百里酚复配抑菌效果　根据 FIC 指数，肉桂-百里香精油和肉桂醛-百里酚复配对大肠杆菌和副溶血性弧菌的抑菌圈测定结果见表 8。可以看出，肉桂-百里香精油和各自组分对 2 种细菌的抑菌效果均优于单一精油和组分的抑菌效果；肉桂-百里香精油抑制大肠杆菌和副溶血性弧菌的抑菌圈直径分别为(29.25±1.09)mm 和(26.23±0.89)mm，与王康莉等[38]发现具有协同百里香精油与肉桂精油复配抑制大肠杆菌，其抑菌圈直径为(26.00±1.70)mm 相比，本试验复配后对大肠杆菌抑制效果更好。肉桂醛-百里酚对大肠杆菌和副溶血性弧菌的抑菌圈直径分别为(22.00±1.56)mm 和(19.08±1.04)mm。经肉桂醛和百里酚在精油中的相对含量对比，发现肉桂醛-百里酚对大肠杆菌和副溶血性弧菌的抑菌作用与肉桂-百里香精油的抑菌作用对应，表明肉桂-百里香精油的协同抑菌是由肉桂醛-百里

酚联合作用导致。这与胡心怡等[39]发现肉桂醛-百里酚具有协同抑菌效果结果趋于一致，且研究表明两者的联用加速破坏了受试菌细胞膜的完整性，使胞内物质泄漏增加，导致菌体死亡。

2.5.2　肉桂-罗勒精油及肉桂醛-丁香酚复配抑菌效果　表 9 为肉桂-罗勒精油与肉桂醛-丁香酚复配后对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径测定。同样可以看出，肉桂-罗勒精油及其组分抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径均大于单一精油和组分的抑菌圈直径；肉桂-罗勒精油复配抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径分别为(28.75±1.14)mm 和(28.10±0.66)mm。肉桂醛-丁香酚复配的抑菌圈直径分别为(19.25±0.55)mm 和(19.35±1.51)mm。与丁香酚占罗勒精油相对含量的 1/3 和肉桂醛占其精油的 4/5 相比，发现这两者联合抑菌作用测定的抑菌圈直径趋于一致。与 Pei 等[40]发现丁香酚-肉桂醛联用对大肠杆菌具有协同抑菌效果，与本试验结果相似。研究表明肉桂醛与丁香酚的协同作用可能是肉桂醛能分解受试菌的细胞膜，使丁香酚更容易进入细胞质与蛋白质结合[41]。

2.6　复配组分对大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌的生长曲线的影响

由图 5 可知，与对照组相比，肉桂醛、百里酚、丁香酚及两种复配剂对大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌生长表现明显的抑制作用。肉桂醛、百里酚和丁香酚单独使用时，3 中受试菌的增殖速度均比肉桂醛与百里酚和丁香酚联合使用时快，表明单独组分对受试菌的抑制作用有限，而肉桂醛与百里酚、丁香酚联合使用，其增殖速度在

表 8　肉桂-百里香精油复配对大肠杆菌和副溶血性弧菌抑菌圈直径表

Table 8　Cinnamon-thyme essential oil complex paired with *E. coli* and *V.P bacteriostatic circle* diameter table

种类	大肠杆菌/mm	副溶血性弧菌/mm
肉桂精油	17.67 ± 0.63	18.42 ± 1.38
百里香精油	14.83 ± 1.04	12.77 ± 2.00
肉桂-百里香精油	29.25 ± 1.09	26.23 ± 0.89
肉桂醛	16.52 ± 0.63	15.47 ± 0.45
百里酚	11.40 ± 1.03	12.78 ± 0.30
肉桂醛-百里酚	22.00 ± 1.56	19.08 ± 1.04
吐温-80	—	—

注：—表示无抑菌圈。

表 9　肉桂-罗勒精油复配对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌抑菌圈直径表

Table 9　Cinnamon-basil essential oil complex paired with *E. coli* and *Staphylococcus aureus* inhibition circle diameter table

种类	大肠杆菌/mm	金黄色葡萄球菌/mm
肉桂精油	17.67 ± 0.63	15.75 ± 0.75
罗勒精油	14.35 ± 1.39	12.70 ± 0.39
肉桂-罗勒精油	28.75 ± 1.14	28.10 ± 0.66
肉桂醛	16.52 ± 0.63	14.67 ± 0.76
丁香酚	13.51 ± 0.68	12.13 ± 1.03
肉桂醛-丁香酚	21.25 ± 0.90	19.35 ± 1.51
吐温-80	—	—

注：—表示无抑菌圈。

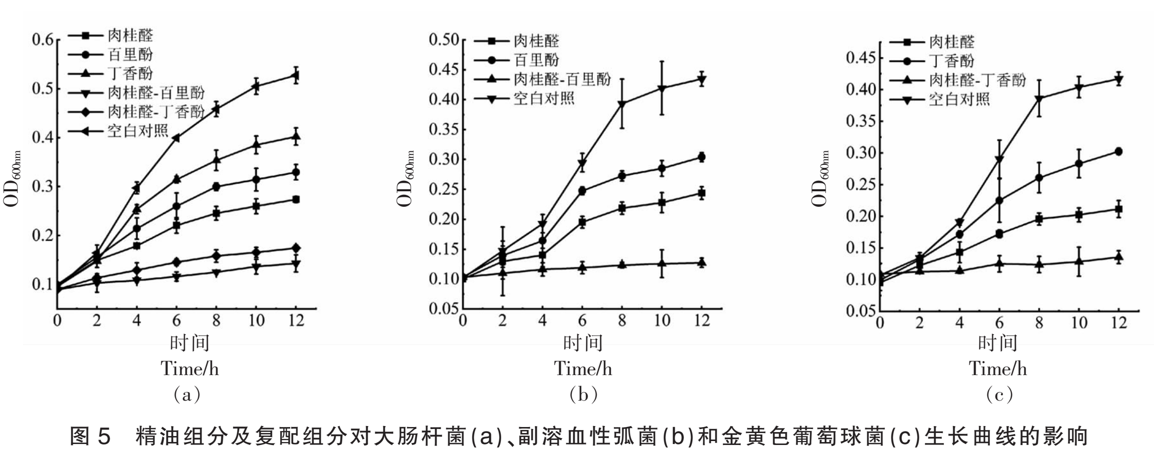


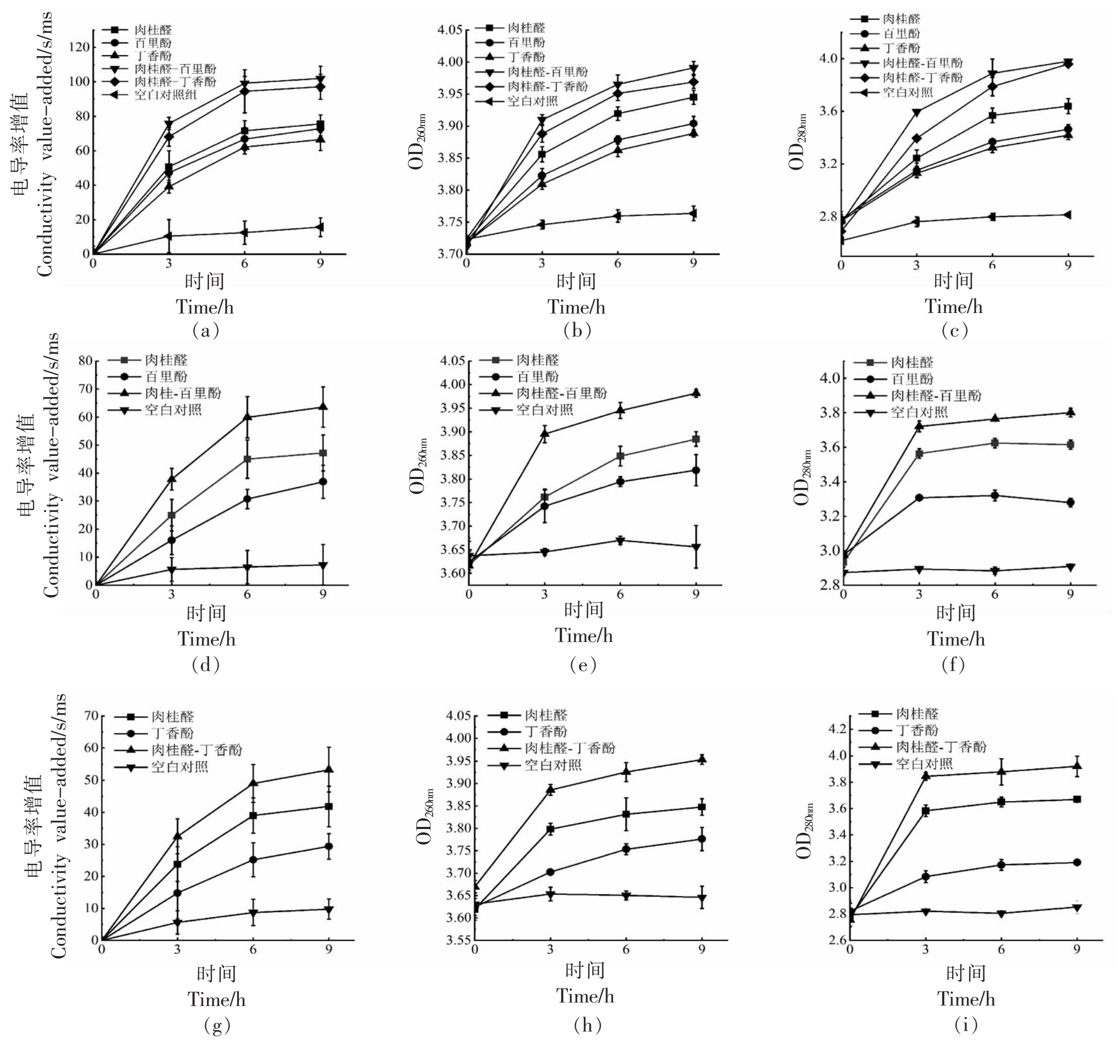
图 5　精油组分及复配组分对大肠杆菌(a)、副溶血性弧菌(b)和金黄色葡萄球菌(c)生长曲线的影响

Fig.5　Effects of essential oil components and compound components on the growth curves of *E. coli*(a), *V. parahaemolyticus*(b) and *S. aureus*(c)

12 h 中无明显变化。结果证实了肉桂醛分别与百里酚和丁香酚的联合可以更大程度降低大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌的生长速率。这与许超群等[42]的研究结果相似,该研究表明肉桂醛与 ε-聚赖氨酸盐酸盐联合抑菌可导致菌体生长速率缓慢,衰亡期加快。

2.7 复配组分对大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌细胞内容物泄露的影响

电导率值表示大肠杆菌细胞膜的通透性,OD_{260nm} 和 OD_{280nm} 表示核酸和蛋白质的泄漏量[43]。如图 6 所示,与对照组相比,经精油组分处理后,大肠杆菌、副溶血性弧菌以及金黄色葡萄球菌的电导率增值、OD_{260nm} 和 OD_{280nm} 都明显增加。表明肉桂醛、百里酚和丁香酚破坏了菌体细胞膜,使细胞膜通透性增加,细胞内容物泄露。Sharma 等[44]研究麝香草酚和肉桂醛的联合作用对表皮葡萄球菌抑制活性,表明两者具有协同抑菌效果且增加了细菌膜透化,与本试验结果类似。肉桂醛与百里酚、丁香酚复配处理后细菌的电导率增值和 OD_{260nm}、OD_{280nm} 均比单一组分高,表明复配后更大程度地破坏了菌体细胞膜的完整性,使其核酸、蛋白质等内容物大量泄露。另外,肉桂醛-百里酚复配处理



注:(a) (c)分别为大肠杆菌的电导率增值、核酸泄露和蛋白质泄露;(e) (g)分别为副溶血性弧菌的电导率增值、核酸泄露和蛋白质泄露;(h) (i)分别为金黄色葡萄球菌的电导率增值、核酸泄露和蛋白质泄露。

图 6 精油组分及复配组分对大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌中细胞内容物泄露的影响

Fig.6 Effects of essential oil components and complex components on cell content leakage in *E. coli*, *V. parahaemolyticus* and *S. aureus*

大肠杆菌和副溶血性弧菌的 OD_{280nm} 比单一肉桂醛处理的 OD_{280nm} 分别提升了 6.13%,4.42%，比单一百里酚分别提升了 12.44%,12.53%。同样，肉桂醛–丁香酚复配处理大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的 OD_{280nm} 比单一肉桂醛分别提升了 8.97%,7.38%，比单一丁香酚分别提升了 17.02%,24.69%。

3 结论

本研究中肉桂精油、百里香精油和罗勒精油单独对 5 种常见致病菌(大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、副溶血性弧菌和白色葡萄球菌)作用时,肉桂精油的抑制效果最佳。在精油组合中，肉桂–百里香精油对抑制大肠杆菌和副溶血性弧菌有协同作用,FIC 指数均为 0.5，其抑菌圈直径分别为(29.25±1.09)mm 和(26.23±0.89)mm;同样，肉桂–罗勒精油对抑制大肠杆菌和金黄色葡萄球菌有协同作用，抑菌圈直径分别为（19.25±0.55）mm 和(19.35±1.51)mm。

借助 GC–MS 分析了肉桂精油、百里香精油和罗勒精油主要抑菌成分分别为肉桂醛、百里酚和丁香酚;FIC 指数及抑菌圈测定，得出肉桂–百里香精油和肉桂–罗勒精油具有的协同抑菌作用分别与肉桂醛–百里酚和肉桂醛–丁香酚产生的协同抑菌效应一致。

对大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌细胞膜通透性测定，结果表明复配组分联合对大肠杆菌、副溶血性弧菌和金黄色葡萄球菌的细胞膜破坏更剧烈,导致更多核酸、蛋白质等胞内大分子泄露。

参 考 文 献

[1] 崔醒，朱秋劲，侯瑞，等. 丁香酚、香芹酚和百里香酚对禾谷镰刀菌的抑菌活性及机制[J]. 食品科学，2022，43(23)：10–18.
CUI X，ZHU Q J，HOU R，et al. Antibacterial activity and mechanism of eugenol，carvacrol and thymol on *Fusarium graminin*[J]. Food Science，2022，43(23)：10–18.

[2] HU J J，ZHU H X，FENG Y W，et al. Emulsions containing composite （clove，oregano，and cinnamon） essential oils：Phase inversion preparation，physicochemical properties and antibacterial mechanism[J]. Food Chemistry，2023，421(23)：1–10.

[3] 段雪娟，张潼，曾洁滢，等. 植物精油的熏蒸抗菌活性及其机理研究[J]. 食品工业科技，2023，44(9)：135–145.
DUAN X J，ZHANG T，ZENG J Y，et al. Fumigation antibacterial activity of plant essential oils and its mechanism[J]. Food Industry Technology，2023，44(9)：135–145.

[4] ALLAH A G，NOUREDDUNE B，MOHAMED B，et al. Comparative analysis of the chemical composition and antimicrobial activity of four moroccan north middle atlas medicinal plants´ essential oils：*Rosmarinus officinalis L.*，*Mentha pulegium L.*，*Salvia officinalis L.*，and *Thymus zygis* subsp. *gracilis* （boiss.） R. morales[J]. Chemistry，2022，4(4)：1776–1784.

[5] 魏彤竹. 三种植物精油对六种食源性致病菌的抑菌活性研究[D]. 沈阳：沈阳农业大学，2019：5–7.
WEI T Z. Study on the bacteriostatic activity of three plant essential oils against six foodborne pathogenic bacteria[D]. Shenyang：Shenyang Agricultural University，2019：5–7.

[6] AIDIN A，FATEMETH R，MASOUD S，et al. Fabrication，characterization and antimicrobial activity of chitosan/tragacanth gum/polyvinyl alcohol composite films incorporated with cinnamon essential oil nanoemulsion[J]. International Journal of Biological Macromolecules，2023，245(7)：1–3.

[7] ZOUBEIDA S，Al–SHAIKH T M，OTHMAN A，et al. Optimization of extraction yield，chemical composition，antioxidant，and antimicrobial activities of thymus algeriensis boiss. & reut essential oils[J]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology，2023，47(3)：2–5.

[8] 陈雪琴，赵圆圆，张珍，等. 肉桂精油的化学成分分析及其对沙门氏菌细胞膜损伤机制的研究[J]. 食品与发酵工业，2022，48(14)：24–32.
CHEN X Q，ZHAO Y Y，ZHANG Z，et al. Chemical composition analysis of cinnamon essential oil and its mechanism of *Salmonella* cell membrane damage[J]. Food and Fermentation，2022，48(14)：24–32.

[9] YANG Z H，QIAO H，BALARABE I B，et al. Ultrasonication induced nano–emulsification of thyme essential oil：Optimization and antibacterial mecha-

nism against *Escherichia coli*[J]. Food Control, 2022, 133(PA): 2–9.

[10] SILVA D, FERREIRA M W, KRINGLE D H, et al. Basil essential oil: Methods of extraction, chemical composition, biological activities, and food applications[J]. Food and Bioprocess Technology, 2021, 15(10): 1–27.

[11] REQUENA R, VARGAS M, CHIRALT A. Study of the potential synergistic antibacterial activity of essential oil components using the thiazolyl blue tetrazolium bromide (MTT) assay[J]. LWT–Food Science and Technology, 2019, 101(2): 183–190.

[12] YE H Q, SHEN S X, XU J Y, et al. Synergistic interactions of cinnamaldehyde in combination with carvacrol against food–borne bacteria[J]. Food Control, 2013, 34(2): 619–623.

[13] 王颖，李琳，胡静. 基于山苍子精油的复配筛选及协同抗菌性能[J]. 精细化工，2023，40(1)：146–152，199.
WANG Y, LI L, HU J. Based on the compound screening and synergistic antibacterial properties of *Acanthus officinalis* essential oil[J]. Fine Chemicals, 2023, 40(1): 146–152, 199.

[14] LAGY J, NURCAHYANTI A D R, TJOA E. Synergistic effect and time–kill evaluation of eugenol combined with cefotaxime against *Staphylococcus aureus*[J]. Current Microbiology, 2023, 80(8): 244.

[15] 程志敏，陈彦荣，王建辉，等. 青花椒精油对致龋菌的体外抑菌活性[J]. 食品科学，2022，43(21)：70–77.
CHEN Z M, CHEN Y R, WANG J H, et al. Antibacterial activity of green pepper essential oil on caries–causing bacteria *in vitro*[J]. Food Science, 2022, 43(21): 70–77.

[16] 安瑞珩，乔翰林，陈颖，等. 精油与天然产物复配对阴道炎念珠菌的体外抑制作用[J]. 北京化工大学学报(自然科学版)，2023，50(2)：46–52.
AN R X, QIAO H L, CHEN Y, et al. *In vitro* inhibitory effect of essential oils and natural products in complex pairing of *Candida vaginitis*[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science Edition), 2023, 50(2): 46–52.

[17] 任小玲，岳淑丽，向红，等. 桉叶精油气相扩散抑菌活性及抑菌成分研究[J]. 食品与机械，2017，33(12)：70–75.
REN X L, YUE S L, XIANG H, et al. Study on vapor–phase diffusion, bacteriostatic activity and bacteriostatic components of eucalyptus essential oil [J]. Food and Machinery, 2017, 33(12): 70–75.

[18] 王珺，宋姝静，张敏娟. 植物精油化学成分的分析研究[J]. 农产品加工，2020(15)：52–55.
WANG J, SONG S J, ZHANG M J. Analysis of chemical composition of plant essential oils[J]. Farm Products Processing, 2020(15): 52–55.

[19] FRATINI F, MANCINI S, TURCHI B, et al. A novel interpretation of the fractional inhibitory concentration index: The case *Origanum vulgare* L. and *Leptospermum scoparium* J. R. et G. forst essential oils against *Staphylococcus aureus* strains[J]. Microbiological Research, 2017, 195: 11–17.

[20] 吕好新，赵玲丽，霍珊珊，等. 肉桂–山苍子复合植物精油对发霉花生黑曲霉 BQM 菌的抑菌效果[J]. 中国食品学报，2021，21(12)：222–229.
LÜ H X, ZHAO L L, HUO S S, et al. Antibacterial effect of cinnamon–aspergillus alignari complex plant essential oil on moldy aspergillus niger BQM bacteria[J]. Journal of Chinese Institute of Food Sciences and Technology, 2021, 21(12): 222–229.

[21] GAO X, LIU J B, LI B, et al. Antibacterial activity and antibacterial mechanism of lemon verbena essential oil[J]. Molecules, 2023, 28(7): 3–4.

[22] 徐小烽，李树红，钱邓帆，等. 鲢鱼重组 cystatin C 的抑菌活性及抑菌机理初探[J]. 食品与发酵工业，2023，49(24)：1–10.
XU X F, LI S H, QIAN D F, et al. Antibacterial activity of recombinant cystatin C of silver carp and the preliminary study on its antibacterial mechanism [J]. Food and Fermentation Industry, 2023, 49(24): 1–10.

[23] SHU C, ZHAO H D, JIAO W X, et al. Antifungal efficacy of ursolic acid in control of *Alternaria alternata* causing black spot rot on apple fruit and possible mechanisms involved[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 256: 2–3.

[24] 刘晓丽，钟少枢，吴克刚，等. 丁香和肉桂精油气相抑菌活性研究[J]. 食品与发酵工业，2010，36(1)：21–24，38.
LIU X L, ZHONG S S, WU K G, et al. Study on vapor–phase bacteriostatic activity of clove and cinnamon essential oil[J]. Food and Fermentation Industry, 2010, 36(1): 21–24, 38.

[25] WANG L H, WANG M S, ZENG X A, et al. An

in vitro investigation of the inhibitory mechanism of β-galactosidase by cinnamaldehyde alone and in combination with carvacrol and thymol[J]. BBA-General Subjects, 2017, 1861(1): 3189.

[26] 路露，束成杰，葛翎，等. 肉桂精油和肉桂醛的抑菌、抗氧化和酪氨酸酶抑制活性研究[J]. 林产化学与工业，2022，42(3)：105-110.
LU L, SHU C J, GE X, et al. Antibacterial, antioxidant and tyrosinase inhibitory activities of cinnamon essential oil and cinnamaldehyde [J]. Forest Products Chemistry and Industry, 2022, 42(3): 105-110.

[27] 马莉，郭震，屈欢，等. 天然产物百里酚抑菌活性的初步研究[J]. 中国植保导刊，2022，42(12)：10-13，37.
MA L, GUO Z, QU H, et al. Preliminary study on antibacterial activity of natural product thymol [J]. China Plant Protection Guide, 2022, 42(12): 10-13, 37.

[28] 蒋慧亮，李学英，杨宪时，等. 生物保鲜剂对鱼类腐败菌抑菌效果比较及抑菌机理研究[J]. 食品科学，2012，33(23)：31-35.
JIANG H L, LI X Y, YANG X S, et al. Comparison of antibacterial effect and antibacterial mechanism of biopreservatives on fish spoilage bacteria[J]. Food Science, 2012, 33(23): 31-35.

[29] 张明光，李明新，王忠龙，等. 蒎烯基生物活性化合物研究进展[J]. 林业工程学报，2022，7(5)：23-34.
ZHANG M G, LI M X, WANG Z L, et al. Research progress on pinene-based bioactive compounds[J]. Journal of Forestry Engineering, 2022, 7(5): 23-34.

[30] 黄丽沄，马海旭，郭阿君. 罗勒精油成分鉴定及抑菌活性测定[J]. 北华大学学报(自然科学版)，2018，19(2)：257-261.
HUANG L Y, MA H X, GUO A J. Identification of basil essential oil components and determination of bacteriostatic activity[J]. Journal of Beihua University (Natural Science Edition), 2018, 19(2): 257-261.

[31] 侯克洪，冯潇，高成成，等. 肉桂精油纳米乳液的抑菌性和稳定性研究[J]. 中国粮油学报，2020，35(11)：86-92.
HOU K H, FENG X, GAO C C, et al. Study on bacteriostatic properties and stability of cinnamon essential oil nanoemulsions[J]. Chinese Journal of Cereals and Oils, 2020, 35(11): 86-92.

[32] 徐冰，徐少青，刘锐，等. 百里香精油纳米乳液的制备及添加植物油对其理化性质及抑菌效果的影响[J]. 食品安全质量检测学报，2022，13(18)：5861-5869.
XU B, XU S Q, LIU R, et al. Preparation of thyme essential oil nanoemulsion and effects of adding vegetable oil on its physical and chemical properties and antibacterial effect[J]. Journal of Food Safety and Quality Testing, 2022, 13(18): 5861-5869.

[33] DAN V, MARIUS Z, RODICA C P, et al. Physicochemical characterization and prospecting biological activity of some authentic transylvanian essential oils: lavender, sage and basil[J]. Metabolites, 2022, 12(10): 3-21.

[34] LYSETT C G, LAURA H A, SUSANA M E, et al. In vitro antimicrobial effect of essential tea tree oil (melaleuca alternifolia), thymol, and carvacrol on microorganisms isolated from cases of bovine clinical mastitis[J]. International Journal of Veterinary Science and Medicine, 2022, 10(1): 72-79.

[35] LU F, DING Y C, YE X Q, et al. Antibacterial effect of cinnamon oil combined with thyme or clove oil[J]. Agricultural Sciences in China, 2011, 10(9): 1482-1487.

[36] 骆宝仪，陈凯，粟君，等. 关于柚皮精油的提取与杀虫抑菌活性研究进展[J]. 农产品加工，2022，563(21)：94-96，99.
LUO B Y, CHEN K, SU J, et al. Research progress on extraction and insecticidal and antibacterial activities of pomelo peel essential oil[J]. Farm Products Processing, 2022, 563(21): 94-96, 99.

[37] 何静如，刘雪，陈文学，等. (-)-β-蒎烯对沙门氏菌的抑菌机制[J]. 食品科学，2019，40(1)：44-49.
HE J R, LIU X, CHEN W X, et al. (-)-β-pinene´s bacteriostatic mechanism against *Salmonella* [J]. Food Science, 2019, 40(1): 44-49.

[38] 王康莉，张玲玲，袁火花，等. 不同精油的抑菌效果及协同作用研究[J]. 中国饲料，2019，621(1)：48-52.
WANG K L, ZHANG L L, YUAN H H, et al. Study on antibacterial effect and synergistic effect of different essential oils[J]. Chinese Feed, 2019, 621(1): 48-52.

[39] 胡心怡，胡郁汉，潘振辉，等. 百里香酚和肉桂醛联用对沙门氏菌的协同抑菌效应及其应用[J]. 现代

食品科技，2021，37(12)：112-119.
HU X Y，HU Y H，PAN Z H，et al. Synergistic antibacterial effect of thymol and cinnamaldehyde on *Salmonella* and its application [J]. Modern Food Technology，2021，37(12)：112-119.

[40] PEI R S，FENG Z，JI B P，et al. Evaluation of combined antibacterial effects of eugenol，cinnamaldehyde，thymol，and carvacrol against *E. coli* with an improved method[J]. Journal of Food Science，2009，74(7)：379-383.

[41] 高永生，金斐，朱丽云，等. 植物精油及其活性成分的抗菌机理[J]. 中国食品学报，2022，22(1)：376-388.
GAO Y S，JIN F，ZHU L Y，et al. Antibacterial mechanism of plant essential oils and their active ingredients[J]. Journal of Chinese Institute of Food Sciences and Technology，2022，22(1)：376-388.

[42] 许超群，陈飞平，梁旭茹，等. 肉桂醛与 ε-聚赖氨酸盐酸盐的抑菌活性及其协同抑菌机制初探[J]. 现代食品科技，2023，39(7)：1-8.
XU C Q，CHEN F P，LIANG X R，et al. Preliminary investigation on the antibacterial activity of cinnamaldehyde and ε-polylysine hydrochloride and their synergistic inhibition mechanism [J]. Modern Food Science and Technology，2023，39(7)：1-8.

[43] 乔彩红，张忠. 当归叶精油的抑菌活性及对大肠杆菌的抑制机理研究[J]. 食品与发酵科技，2022，58(5)：14-18.
QIAO C H，ZHANG Z. Antibacterial activity of angelica leaf essential oil and inhibition mechanism of *E. coli*[J]. Food and Fermentation Technology，2022，58(5)：14-18.

[44] SHARMA G，RATURI K，DANG S，et al. Inhibitory effect of cinnamaldehyde alone and in combination with thymol，eugenol and thymoquinone against *Staphylococcus epidermidis*[J]. Journal of Herbal Medicine，2016，9：1-2.

Studies on the Antibacterial Activity of Cinnamon，Thyme，Basil Essential Oils

Xu Haixing，Zhou Liusha，Hu Xianglian，Yu Yuyuan，Shi Yongqing*
(*College of Food and Biological Engineering，Zhejiang Gongshang University，Hangzhou 310018*)

Abstract Purpose：To study the inhibitory effects of cinnamon，thyme and basil essential oils on pathogenic bacteria. Methods：Five common pathogenic bacteria were selected as test bacteria；Plant essential oils with synergistic antibacterial effects were selected by checkerboard dilution method and bacteriostatic circle method and et al. Then，the composition of 3 essential oils was analyzed by Gas Chromatography-Mass Spectrometry(GC-MS)，and the cell membrane permeability of *Escherichia coli*，*Vibrio parahaemolyticus* and *Staphylococcus aureus* were explored. Results：GC-MS analysis showed that cinnamaldehyde，thymol and eugenol were the main antibacterial components in cinnamon essential oil，thyme essential oil and basil essential oil，respectively. Cinnamon and thyme essential oils were combined with *E. coli* and *Vibrio parahaemolyticus* with a FIC of 0.5，and cinnamon with basil essential oil was combined with *E. coli* and *Staphylococcus aureus* with a FIC of 0.5. The OD_{280nm} of *Escherichia coli* and *Vibrio parahaemolyticus* treated with cinnamaldehyde-thymol was 6.13% and 4.42% higher than that of single-component treatment，respectively，and 12.44% and 12.53% higher than that of single thymol，respectively. Similarly，the OD_{280nm} of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in the treatment of cinnamaldehyde-eugenol was 8.97% and 7.38%，respectively，and 17.02% and 24.69% higher than that of eugenol，respectively. Conclusion：Cinnamon and thyme essential oils have synergistic antibacterial effects on *Escherichia coli* and *Vibrio parahaemolyticus*，the main antibacterial components in cinnamon，thyme，and basil essential oils were cinnamaldehyde，thymol，and eugenol；The synergistic antibacterial effects of cinnamon-thyme essential oil and cinnamon-basil essential oil were due to the combined function of cinnamaldehyde-thymol and cinnamaldehyde-eugenol，respectively. The two compound components destroyed the cell membrane integrity of the bacteria，increasing the permeability of the bacterial cell membrane，a large number of nucleic acids，proteins and other cellular contents were leaked，resulting in the death of the bacteria.

Keywords plant essential oils；feature components；synergistic bacteriostasis；cell membrane permeability