

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2021.16.011

# 植物源香辛料对 *E. coli* O157:H7 的杀菌效果比较

张学杰, 齐丹华

(中国农业科学院 蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

**摘要:**以常见植物源香辛料包括八角、丁香、桂皮、茴香、芥末、花椒、麻椒、香叶为材料,研究其醇提取物在不同浓度和作用时间下对 *E. coli* O157:H7 的杀菌效果,并分析不同产地对香辛料杀菌效果的影响。结果表明:试验用香辛料对 *E. coli* O157:H7 均具有一定的杀菌作用,杀菌能力差异显著( $p < 0.05$ ),杀菌效果最好的香辛料为丁香,体积分数为 9.1% 的丁香提取物作用 1 h 可杀灭 *E. coli* O157:H7 5 lg (CFU/mL) 以上,其次为八角;相比其它香辛料,芥末提取物杀灭 *E. coli* O157:H7 的效果不理想,体积分数为 50% 的 3 个不同芥末产品提取物处理 1 h 平均杀灭 2.47 lg (CFU/mL) *E. coli* O157:H7;产地来源对某些香辛料的杀菌能力有影响,如茴香、桂皮、八角( $p < 0.05$ )。

**关键词:**香辛料;丁香;八角;杀菌作用;*E. coli* O157:H7

## Effect of Natural Spices on Reducing Population of *E. coli* O157:H7

ZHANG Xue-jie, QI Dan-hua

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Some natural spices have demonstrated the ability to reduce microbe populations. Evaluating the effects of natural spices on *E. coli* O157:H7 will inform our ability to use natural spices to improve food safety. Natural spices including star anise, clove, cinnamon, fennel seeds, mustard, Sichuan pepper, pepper, and bay leaf from different areas, were used in this study. Their bactericidal effects at optimized concentrations, and the effect of ethanol extraction duration on potency were investigated using *E. coli* O157:H7 as a target microbe. Regional effects on the efficacy of each spice was also analyzed. The spices had unique, characteristic killing capabilities toward *E. coli* O157:H7 ( $p < 0.05$ ). Clove had the most potent bactericidal action, reducing the *E. coli* O157:H7 population by at least 5 lg (CFU/mL) in 1 h using a 9.1% by volume extract. Star anise was the next most potent. Three kinds of mustard extract did not display high bactericidal potency toward *E. coli* O157:H7. The average reduction in *E. coli* O157:H7 population over 1 h using 50% extract by volume was 2.47 lg (CFU/mL). The region where they were grown may affect the bactericidal action of natural spices. Significant variations by region were seen with fennel seeds, cinnamon, and star anise ( $p < 0.05$ ).

**Key words:** spices; clove; star anise; bactericidal action; *E. coli* O157:H7

引文格式:

张学杰, 齐丹华. 植物源香辛料对 *E. coli* O157:H7 的杀菌效果比较[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(16): 71-76.

ZHANG Xuejie, QI Danhua. Effect of Natural Spices on Reducing Population of *E. coli* O157:H7[J]. Food Research and Development, 2021, 42(16): 71-76.

人类使用可食用香辛料对食物进行加工调味的历史非常久远。科学研究表明,许多香辛料除了调味外,还具有杀菌作用,包括姜、花椒、大蒜、牛至、肉桂、丁香、茴香等<sup>[8]</sup>。已有的大部分研究集中在表征香辛料的最低抑菌浓度,但结果差别较大,如宋丽雅等<sup>[9]</sup>发现花椒提取物对大肠杆菌的最低抑菌浓度为10 mg/mL。吴周和等<sup>[10]</sup>发现八角的醇提物对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的最低抑菌浓度分别为12.5、25 mg/mL。MEHDI等<sup>[11]</sup>评估了柠檬香茅混合精油与牛至混合精油对食源致病菌的杀菌效果,认为两者在大肠杆菌抑制上效果相近,最低抑菌浓度均为3.4 mg/L左右。也有一部分研究报道了不同香辛料在食源性致病菌上的杀菌效果如抑菌圈大小,结果亦相差较大,王海燕等<sup>[12]</sup>研究认为陈皮对食源性致病菌抑菌效果最弱,香果、香叶和沙姜的抑菌作用相当。梁颖等<sup>[13]</sup>研究认为草果的醇提物抗菌效果最好,其次为桂皮、八角的醇提物,茴香、香叶、陈皮的醇提物对大肠杆菌、小肠结肠炎耶尔森氏菌、金黄色葡萄球菌和单增李斯特菌的抗菌效果较差。究其原因,在于影响香辛料杀菌能力的因素较多,如香辛料种类及来源、提取与作用条件、作用对象等,李永梅等<sup>[2]</sup>报道同一香辛料不同部位的抑菌效果不同,BIN等<sup>[14]</sup>研究认为革兰氏阳性菌比革兰氏阴性菌对食用香料提取物更敏感,其中大肠杆菌抗性最强。众所周知,*E. coli* O157:H7是主要人体病原微生物之一,严重时会导致急性肾衰竭而造成死亡。目前,国内针对*E. coli* O157:H7的食用香辛料杀菌效果报道较少,尚缺乏常见香辛料对*E. coli* O157:H7杀菌效果的评估,而香辛料来源的影响亦未见报道。

本研究拟通过开展不同来源的常见食用香辛料包括茴香、八角、花椒、麻椒、芥末、丁香等醇提取物对*E. coli* O157:H7的杀菌效果的评估,明确具有较强杀菌作用的香辛料的种类及其作用条件,并探讨不同来源对香辛料杀菌效果的影响,研究结果对于香辛料在食品安全保障方面的利用与开发将有所裨益。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

八角、丁香、桂皮、茴香、芥末、花椒、麻椒、香叶共21份香辛料:市售,其中1、2、3号茴香分别产自河南、甘肃、河北;4、5、6、7号八角均产自广西;8、10号桂皮产自广西,9号桂皮产自北京;11、12号丁香分别产自河北、北京;13、14号麻椒产自四川;15、16号花椒分别产自陕西、四川;17号香叶产自广西,18号香叶产自吉林;19、20号芥末产自广东,21号芥末产自辽宁。

*E. coli* O157:H7菌株 GIMCC1.334 和GDMCC1.707:广东省微生物研究所;*E. coli* O157:H7菌株 CICC 21530:中国工业微生物菌种保藏管理中心;胰蛋白胨大豆肉汤培养(tryptic soy broth, TSB)、胰蛋白胨大豆琼脂培养基(tryptic soy agar, TSA)、缓冲蛋白胨水(buffered peptone water, BPW):北京江晨公司;二甲基亚砜(dimethyl sulfoxide, DMSO)、95%乙醇:北京经科宏达生物技术有限公司。

RE-2000 旋转蒸发器:上海亚荣生化仪器厂;SHB-III循环水多用真空泵:郑州长城科工贸有限公司;DK-98-1水浴锅:余姚市东方电工仪器厂;HFsafe-1200LC型生物安全柜:上海力申科学仪器有限公司;H1850R高速冷冻离心机:湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;DHP-9052电热恒温培养箱:上海一恒科学仪器有限公司。

### 1.2 *E. coli* O157:H7母液的制备

采用接种环,分别挑接*E. coli* O157:H7菌株GIMCC 1.334、GDMCC1.707和CICC21530于盛有10 mL TSB的无菌离心管中,37℃培养24 h,离心,去掉上清液,加入10 mL 0.1%BPW,悬混。将3管菌液转入50 mL无菌离心管混匀,即为*E. coli* O157:H7母液,浓度约为9 lg(CFU/mL),保藏于4℃冰箱。使用时,取1 mL *E. coli* O157:H7母液,加入到9 mL BPW中,混匀,依次稀释母液得到初始菌量约为6、5、3 lg(CFU/mL)的工作菌液,待测。

### 1.3 香辛料提取物的制备

将21份香辛料各取10 g用干磨机磨成粉末状,然后各取1 g分别置于100 mL锥形瓶中,采用95%乙醇90℃提取3 h,过滤,滤液置于20 mL试管中,将两次提取液合并至旋转蒸发瓶中,减压蒸干,底物即为香辛料提取物(spice extract, SE)。采用DMSO溶解SE,并转移至10 mL离心管中,共得到5 mL提取液,于4℃冰箱中存放。重复3次。

### 1.4 试验设计与方法

#### 1.4.1 体积分数为50%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

21份香辛料提取物各取0.5 mL,分别加入到0.5 mL约为5 lg(CFU/mL)的工作菌液中混匀,室温(25℃)下处理1 h。对照组为0.5 mL DMSO处理1 h。每个处理重复3次,待测。

#### 1.4.2 体积分数为50%的SE处理1 min对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

根据1.4.1结果,分别取杀菌效果较好的香辛料提取物0.5 mL加入到0.5 mL初始菌量约为9 lg(CFU/mL)

的菌液中混匀,室温(25℃)下处理1 min。对照组同1.4.1,处理时间1 min。每个处理重复3次,待测。

1.4.3 体积分数为9.1%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

分别取1.4.2中的香辛料提取物0.1 mL加入1 mL初始菌量约为6 lg(CFU/mL)的菌液中混匀,室温(25℃)下处理1 h。对照组为0.1 mL DMSO处理。每个处理重复3次,待测。

1.4.4 体积分数为1.0%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

分别取1.4.2中的香辛料提取物0.01 mL加入0.99 mL初始菌量约为3 lg(CFU/mL)的菌液中混匀,室温(25℃)下处理1 h。对照组为0.01 mL DMSO处理,每个处理重复3次,待测。

1.4.5 *E. coli* O157:H7检测方法

试验中的每个处理做不同稀释梯度,各取0.1 mL涂TSA板,37℃培养24 h,计数。

1.5 数据分析

本研究的试验结果为3次重复的平均值,数据采用SAS统计软件进行方差分析,平均数之间的多重比较采用邓肯氏新复极差检验, $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果与分析

2.1 体积分数为50%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

体积分数为50%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果见图1。

图1表明,体积分数为50%的香辛料提取物处理

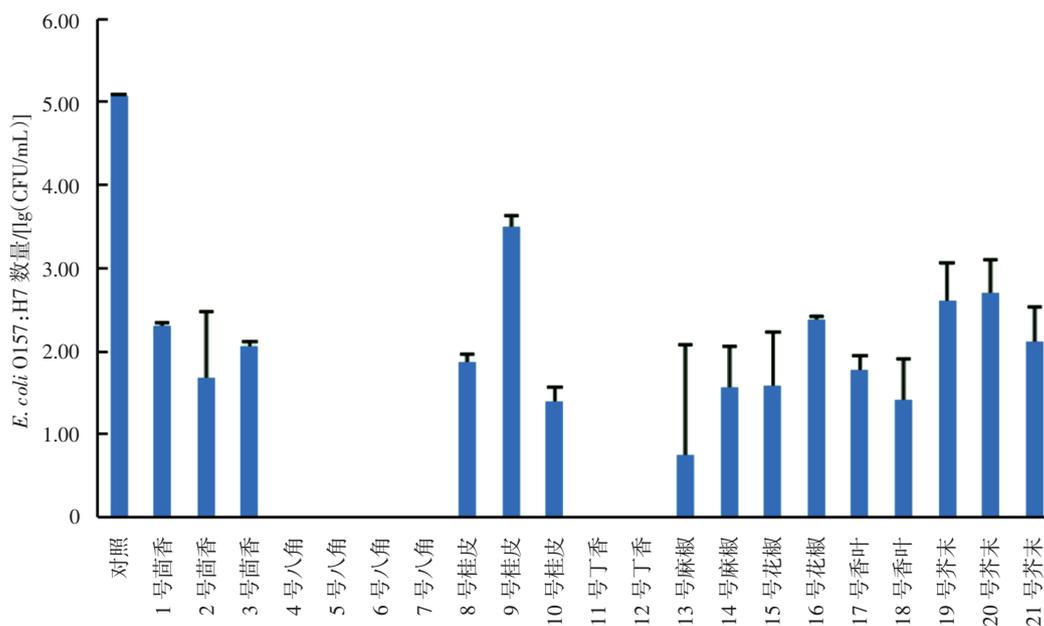


图1 体积分数为50%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果  
Fig.1 Effect of 50% SE by volume on population of *E. coli* O157:H7 in 1 h

1 h均表现出一定的杀菌能力,杀菌能力差异显著( $p < 0.05$ ),其中丁香和八角的提取物具有较强的杀菌能力,均能够杀灭至少5 lg(CFU/mL) *E. coli* O157:H7。左勇等以抑菌圈为指标研究认为芥末对大肠杆菌、枯草芽孢杆菌等具有明显的抑菌作用<sup>[14]</sup>。本研究发现与其它香辛料相比,芥末提取物杀灭*E. coli* O157:H7的效果不理想,3个不同来源的芥末产品提取物处理1 h平均只能杀灭2.47 lg(CFU/mL) *E. coli* O157:H7。李永梅等以抑菌圈为指标,研究认为肉桂的抑菌能力最强,花椒籽和花椒壳次之,小茴香的抑菌效果最差<sup>[2]</sup>。李京晶等采用水蒸气蒸馏法提取的肉桂挥发油与其主要成分肉桂醛表现出的抗菌活性比丁香挥发油及其主要成分丁香酚强<sup>[15]</sup>。本研究结果未能予以充分支持,这

可能与研究指标、方法或原料不同有关。图1表明,产地来源不同对某些香辛料的杀菌能力有影响,如茴香、桂皮( $p < 0.05$ )。众所周知,香辛料的杀菌能力与其杀菌成分及含量有关<sup>[16-19]</sup>,香辛料精油中的萜类以及脂肪族、芳香族挥发性成分是香辛料中主要的抗菌物质,如丁香酚、肉桂醛、 $\alpha$ -蒎烯等<sup>[16]</sup>,从本研究结果来看,产地的影响是存在的,但产地对上述香辛料杀菌成分与含量的影响及成分间的协同作用等研究甚少,值得深入开展。

2.2 体积分数为50%的SE处理1 min对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

体积分数为50%的SE处理1 min对*E. coli* O157:H7的杀菌效果见图2。

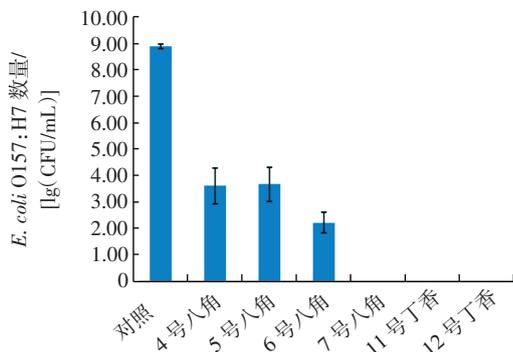


图2 体积分数为50%的SE处理1 min对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

Fig.2 Effect of 50% SE by volume on population of *E. coli* O157:H7 in 1 min

图2表明,在高浓度菌液情况下,体积分数为50%的丁香提取物处理1 min可至少杀灭8.8 lg(CFU/mL)*E. coli* O157:H7,表明丁香提取物具有很强的杀菌能力,这与MOREIRA等的研究一致<sup>[20]</sup>。谢强等研究了6种食用香辛料提取物对4株食源性致病菌(大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、鼠伤寒沙门氏菌、枯草芽孢杆菌)的影响,认为肉桂、香叶和八角抑菌活性最强<sup>[21]</sup>。本研究中不同产地来源的八角表现出不同的杀菌能力( $p < 0.05$ ),其中7号八角提取物杀菌能力最强,体积分数为50%的7号八角提取物处理1 min可杀灭至少8.8 lg(CFU/mL)*E. coli* O157:H7,其次为6号八角,可杀灭6.6 lg(CFU/mL)*E. coli* O157:H7,4号与5号八角提取物能杀灭约5.3 lg(CFU/mL)*E. coli* O157:H7,这显然与八角中的杀菌成分含量有关。大部分研究指出茴香脑是赋予八角抑菌能力的主要活性物质<sup>[22]</sup>,但张赟彬等研究显示八角中的3种单体抑菌成分(大茴香醛、柠檬烯、反式茴香脑),在相同浓度条件下,柠檬烯对大肠杆菌的抑菌作用相对显著<sup>[23]</sup>,黄明泉等从广西6个地区的八角精油中检出45种化合物,其中有19种挥发性成分不同<sup>[24]</sup>。丁香的杀菌成分主要是丁香酚<sup>[15,25]</sup>,但丁香中还有其它成分也具有杀菌作用<sup>[26]</sup>。杀菌成分差异的原因与很多因素有关,如原料品种、种植地域、栽培措施、采后干燥处理方法等都会对杀菌成分造成影响,因而在香辛料杀菌利用研究及工业化上需要对上述影响因素予以重视。

### 2.3 体积分数为9.1%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

体积分数为9.1%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果见图3。

MOREIRA等比较了常用香精油如迷迭香、蓝桉、丁香、牛至、罗勒、欧薄荷等对*E. coli* O157:H7的杀灭浓度,认为丁香效果最好<sup>[20]</sup>。由图3可知,体积分数为

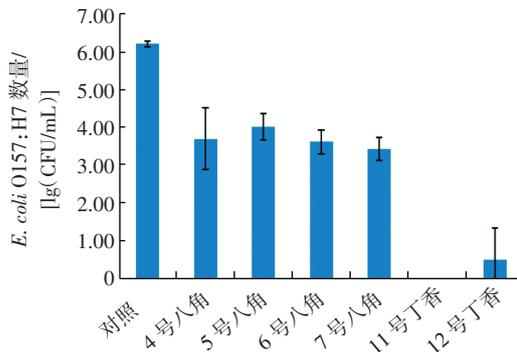


图3 体积分数为9.1%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

Fig.3 Effect of 9.1% SE by volume on population of *E. coli* O157:H7 in 1 h

9.1%的丁香与八角提取物处理*E. coli* O157:H7 1 h后,11号丁香提取物可杀灭至少6 lg(CFU/mL)*E. coli* O157:H7,其次为12号丁香提取物,可杀灭至少5 lg(CFU/mL)*E. coli* O157:H7;而八角提取物平均只能杀灭2.46 lg(CFU/mL)*E. coli* O157:H7。尽管丁香提取物的杀菌效果显著高于八角提取物的杀菌效果( $p < 0.05$ ),但体积分数为9.1%时不同产地来源的丁香提取物在杀菌数量上未表现出显著差异( $p > 0.05$ ),八角提取物亦是如此。对于八角提取物,相较于50%体积分数,体积分数为9.1%的7号八角提取物的杀菌能力下降,显然是其杀菌成分浓度不足或杀菌成分的协同作用不足造成的。

### 2.4 体积分数为1.0%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

体积分数为1.0%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果见图4。

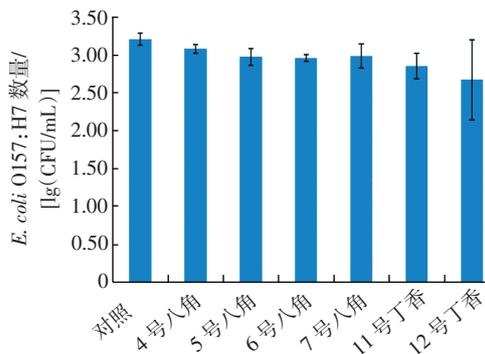


图4 体积分数为1.0%的SE处理1 h对*E. coli* O157:H7的杀菌效果

Fig.4 Effect of 1.0% SE by volume on population of *E. coli* O157:H7 in 1 h

图4表明,体积分数为1.0%的八角与丁香提取物分别处理*E. coli* O157:H7 1 h,杀菌效果不明显( $p > 0.05$ );同时,不同来源的丁香与八角之间在杀菌效果上均未

表现出显著差异( $p>0.05$ ),表明当八角及丁香醇提取物体积分数降至1.0%时,杀菌作用已不明显。

总的来说,影响香辛料杀菌的因素很多,包括香辛料种类与产地甚至部位、杀菌物质的提取与纯化方法、作用条件、目标菌的属种等。在研究及应用中,需要系统考虑相关因素的影响,只有这样才能形成香辛料对目标菌杀菌能力的客观认识,才能充分开发利用香辛料的杀菌功能为食品安全做出更大的贡献。

### 3 结论

本研究中杀菌效果最好的香辛料为丁香,其次为八角。采用体积分数为9.1%的丁香提取物处理1h可杀灭 *E. coli* O157:H7 5 lg(CFU/mL)以上,如采用体积分数50%丁香提取物处理,则1min可杀灭 *E. coli* O157:H7 8.8 lg(CFU/mL)以上。芥末提取物杀灭 *E. coli* O157:H7 的效果不理想,3个不同芥末产品醇提取物采用50%体积分数处理1h平均杀灭2.47 lg(CFU/mL) *E. coli* O157:H7。产地来源对某些香辛料的杀菌能力有影响,如茴香、桂皮、八角,或是因为成分含量有差异,或是成分间存在协同作用等,相关研究工作值得进一步开展。

### 参考文献:

- [1] 王海燕,李梦凡,周凯燕,等.天然香辛料对食源性致病菌的抑制作用研究[J].农业机械,2013(35):67-69.  
WANG Haiyan, LI Mengfan, ZHOU Kaiyan, et al. Inhibitory effect of natural spices on food-borne pathogen[J]. Farm Machinery, 2013 (35): 67-69.
- [2] 李永梅,赵丽,梁亚茹,等.4种香辛料挥发精油的提取及抑菌效果的比较[J].西北农业学报,2012,21(12):173-176.  
LI Yongmei, ZHAO Li, LIANG Yaru, et al. The antibacterial activity of four kinds of spices essential oil[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2012, 21(12): 173-176.
- [3] 艾有伟,王丽梅,闫虎山.常用香辛料提取物抑菌活性研究[J].食品工业,2018,39(9):167-169.  
AI Youwei, WANG Limei, YAN Hushan. Study on anti-bacterial activity of common spices[J]. The Food Industry, 2018, 39(9): 167-169.
- [4] 李巍.香辛料提取物抑菌效果的研究[J].农产品加工,2012(3):142-143.  
LI Wei. Inhibitory effect of plant spice extracts[J]. Farm Products Processing, 2012(3): 142-143.
- [5] TAJKARIMI M M, IBRAHIM S A, CLIVER D O. Antimicrobial herb and spice compounds in food[J]. Food Control, 2010, 21: 1199-1218.
- [6] ZHANG Huiyun, WU Jingjuan, GUO Xinyu. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat

- quality[J]. Food Science and Human Wellness, 2016, 5: 39-48.
- [7] CHAKLUN CHAN, RENYOU GAN, NAGENDRA P S, et al. Polyphenols from selected dietary spices and medicinal herbs differentially affect common food-borne pathogenic bacteria and lactic acid bacteria[J]. Food Control, 2018, 92: 437-443.
- [8] 张圣江,张慙,刘亚萍.丁香/肉桂提取物的制备及其在香菇酱防腐中的应用[J].食品与生物技术学报,2014,33(8):865-869.  
ZHANG Shengjiang, ZHANG Min, LIU Yaping. Study on the extracts of clove/cinnamon and its antiseptic for the lentinus edode sauce[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2014, 33(8): 865-869.
- [9] 宋丽雅,倪正,樊琳娜,等.花椒抑菌成分提取方法及抑菌机理研究[J].中国食品学报,2016,16(3):125-130.  
SONG Liya, NI Zheng, FAN Linna, et al. Antibacterial effect and extraction method from Chinese prickly ash[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(3): 125-130.
- [10] 吴周和,徐燕,吴传茂.八角中天然防腐剂的提取方法及其抑菌作用研究[J].中国调味品,2003,9(9):19-20.  
WU Zhouhe, XU Yan, WU Chuanmao. Study on the method of extracting natural preservative in aniseed and its bacteriostasis[J]. China Condiment, 2003, 9(9): 19-20.
- [11] MEHDI H, BEHNOUSH M, STEPHANE S, et al. Evaluation of antibacterial activity of two natural bio-preservatives formulations on freshness and sensory quality of ready to eat(RTE)foods[J]. Food Control, 2018, 85: 29-41.
- [12] 梁颖,丁莹,闫帅,等.香辛料提取物对常见食源致病菌的抗菌活性[J].江苏农业学报,2013,29(4):876-879.  
LIANG Ying, DING Ying, YAN Shuai, et al. Antimicrobial activity of spice extracts against selected food-borne pathogen[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Science, 2013, 29(4): 876-879.
- [13] BIN SHAN, YIZHONG CAI, JOHN D B, et al. The *in vitro* antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts[J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 117: 112-119.
- [14] 左勇,潘训海,廖家银.芥末有效成分抑菌条件的研究[J].食品与发酵技术,2009,45(6):28-30.  
ZUO Yong, PAN Xunhai, LIAO Jiayin. Study on antibacterial activity of effective composition in mustard[J]. Food and Fermentation Technology, 2009, 45(6): 28-30.
- [15] 李京晶,籍保平,周峰,等.丁香和肉桂挥发油的提取主要成分测定及其抗菌活性研究[J].食品科学,2006,27(8):64-68.  
LI Jingjing, JI Baoping, ZHOU Feng, et al. Study on extraction of two essential oils, analysis of major components and antimicrobial activities[J]. Food Science, 2006, 27(8): 64-68.
- [16] 畦红卫,许睦农.天然香辛料中的植物化学物及其生理活性研究进展[J].中国调味品,2017,42(5):176-180.  
SUI Hongwei, XU Munong. Research progress on phytochemicals in natural spices and their physiological activities[J]. China Condiment, 2017, 42(5): 176-180.
- [17] PURKAIT S, BHATTACHARYA A, BAG A, et al. Synergistic antibacterial, antifungal and antioxidant efficacy of cinnamon and

- clove essential oils in combination[J]. Archives of Microbiology, 2020, 202: 1439-1448.
- [18] 李萍, 申晓霞, 舒婷, 等. 八角茴香挥发性成分的油相组分和水溶性组分的比较[J]. 中国调味品, 2017, 42(5): 42-48.  
LI Ping, SHEN Xiaoxia, SHU Ting, et al. Comparison of oil-phase components and water-soluble components of star anise volatile constituents[J]. China Condiment, 2017, 42(5): 42-48.
- [19] LIANG Ying, LI Yi, SUN Aidong, et al. Chemical compound identification and antibacterial activity evaluation of cinnamon extracts obtained by subcritical n-butane and ethanol extraction[J]. Food Science & Nutrition, 2019, 7: 2186-2193.
- [20] MOREIRA M R, PONCE A G, DEL VALLE C E, et al. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen [J]. LWT-Food Science and Technology, 2005, 38: 565-570.
- [21] 谢强, 苗淑萍, 史守纪, 等. 6种食用香辛料提取物对食源性致病菌和益生菌的不同作用[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(4): 38-42.  
XIE Qiang, MIAO Shuping, SHI Shouji, et al. Effects of six kinds of food spices on food-borne pathogens and probiotic bacteria[J]. Food Research And Development, 2018, 39(4): 38-42.
- [22] 权美平. 八角茴香精油的成分分析及生物活性研究进展[J]. 中国调味品, 2017, 42(1): 164-166.  
QUAN Meiping. Research progress on the composition of star anise oil and analysis of biological activity[J]. China Condiment, 2017, 42(1): 164-166.
- [23] 张赟彬, 郭媛, 江娟, 等. 八角茴香精油及其主要单体成分抑菌机理的研究[J]. 中国调味品, 2011, 36(2): 28-33.  
ZHANG Yunbin, GUO Yuan, JIANG Juan, et al. Research on an- tibacterial mechanism of essential oils and dominant monomer com- ponents of star anise[J]. China Condiment, 2011, 36(2): 28-33.
- [24] 黄明泉, 田红玉, 郑福平, 等. 广西不同地区茴香精油香成分分 析比较研究[J]. 中国调味品, 2009, 34(4): 97-100  
HUANG Mingquan, TIAN Hongyu, ZHENG Fuping, et al. Relative studies on aroma components in the essential oil of *Illicium verum* Hook.f. from different areas in Guangxi of China [J]. China Condi- ment, 2009, 34(4): 97-100.
- [25] 牛彪, 金川, 梁剑平, 等. 牛至、香茅、丁香精油化学成分及体外 抑菌活性研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(3): 46-52.  
NIU Biao, JIN Chuan, LIANG Jianping, et al. Chemical constituents and antibacterial activities of essential oils of origanum, citronella and clove *in vitro*[J]. Food Research And Development, 2020, 41(3): 46-52.
- [26] 李巧如, 任健康, 赵院利, 等. 丁香提取物抗金黄色葡萄球菌活性成分的 筛选[J]. 中药新药与临床药理, 2003, 14(2): 108-109.  
LI Qiaoru, REN Jiankang, ZHAO Yuanli, et al. Screening of anti- staphylococcus active components from extract of flos caryophylli[J]. Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology, 2003, 14(2): 108-109.

加工编辑:王艳

收稿日期:2020-09-07

(上接第58页)

- [19] 齐高强, 赵忠, 李巨秀, 等. 山杏种皮提取物体外抗氧化活性研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(7): 40-45.  
QI Gaoqiang, ZHAO Zhong, LI Juxiu, et al. Antioxidant activities *in vitro* in testa extractive of *Prunus armeniaca var. ansu*[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2013, 13(7): 40-45.
- [20] 杨希娟, 党斌, 樊明涛. 溶剂提取对青稞中不同形态多酚组成及 抗氧化活性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(24): 239-248.  
YANG Xijuan, DANG Bin, FAN Mingtao. Effect of different extrac- tion solvents on phenolic profiles and antioxidant activities of hul- less barley[J]. Food Science, 2018, 39(24): 239-248.
- [21] 周淑仪, 李敏. 百香果皮可溶性膳食纤维酶法提取及性质研究 [J]. 食品科技, 2019, 44(7): 283-290.  
ZHOU Shuyi, LI Min. The enzymatic extraction and characterics of soluble dietary fiber from passion fruit peel[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(7): 283-290.
- [22] FRANKEL E N, MEYER A S. The problems of using one-dimen- sional methods to evaluate multifunctional food and biological an- ti-oxidants[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2000, 80(13): 1925-1941.
- [23] STRATIL P, KLEJDUS B, KUBÁN V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegeta- bles——evaluation of spectrophotometric methods[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(3): 607-616.

加工编辑:张璐

收稿日期:2020-08-12