



# 精油的提取及其在食品抗菌中的应用

邹雪莲, 莫文凤, 蒙佑婵, 赵小妮, 罗晓妮, 陆登俊\*  
(广西大学 轻工与食品工程学院, 广西 南宁 530004)

**摘要:**食品富含营养物质,给微生物的生长提供了良好的环境条件。食品腐败变质导致的食物浪费现象严重,迫切需要一种安全无毒的抗菌保鲜方法。精油是一种无毒可降解、具有广谱抗菌性的天然活性物质,被广泛应用于食品包装和保鲜领域。本文综述了精油的特性和提取方法,总结了精油在粮油食品、肉类食品、蛋类制品、奶类制品、果蔬和水产品中的应用现状,为利用精油的抗菌保鲜功能提供参考。

**关键词:**精油;提取方法;抗菌保鲜

**中图分类号:**TQ654+.2; TS202.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4942(2022)04-0419-06

## Extraction of Essential Oil and Its Application in Food Antibacteria

ZOU Xuelian, MO Wenfeng, MENG Youchan, ZHAO Xiaoni,  
LUO Xiaoni, LU Dengjun\*

(College of Light Industry and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract:**Food is rich in nutrients, which provides a good environment for the growth of microorganisms. The phenomenon of food waste caused by food spoilage is serious, and a safe and non-toxic antibacterial preservation method is urgently needed. Essential oil is a kind of natural active substance with broad-spectrum antibacterial activity and is non-toxic and degradable. It is widely used in food packaging and preservation. In this paper, the characteristics and extraction methods of essential oil were generalized, and the application status of essential oil in cereals and oils, meat, egg products, dairy products, fruits and vegetables, aquatic products was summarized, to provide references for making use of the antibacterial and fresh-keeping function of essential oil.

**Key words:**essential oils; extraction method; antibacterial preservation

食品在加工、运输、销售和储藏中,因其本身含有大量的营养物质,极易被微生物的生长繁殖所利用,据统计,每年全球有25%的农产品因被微生物感染而腐败浪费<sup>[1]</sup>。为此,大量的化学防腐剂被添加到食品中,以抑制微生物在食品中的生长与繁殖,最大化食品的保质期,减少经济损失。目前,应用于食品中的防腐剂多是有机高分子化合物。

近年来,人们的食品安全意识不断提高,亟需一种安全的食品抗菌剂。精油作为一种具有芳香性和抗菌性的天然提取物,安全性高,符合要求。精油的种类丰富,按照精油的香味分为香料类和药草类等,而按照提取植物的种类分为花香类和柑橘类等8类。精油的成分复杂,其中,以萜烯、萜类化合物和芳香族化合物为主要成分<sup>[2]</sup>。这些成分往往具有协同抗菌作用,具有较强的抑菌活性<sup>[3]</sup>。同时,这些成分中含有的大量不饱和键赋予了精油抗氧化性。精油具有抑菌、抗氧化、安全、抗癌和降脂降糖的优点,因此在食品包装、药

收稿日期:2021-07-05

基金项目:广西大学“大学生创新创业训练计划”资助项目(202010593204)

第一作者:邹雪莲(2001—),硕士研究生,研究方向为糖料资源功能研究与综合利用。E-mail:zouxuelian99@163.com

\*通信作者:陆登俊(1978—),副教授,研究方向为糖料资源功能研究与综合利用。E-mail:dj6688@126.com

品、化妆品和保健品中得到了广泛的应用<sup>[4-6]</sup>。

本文主要概述了精油的性质、提取方法和其在食品保鲜抑菌中的应用等方面的研究进展,旨在为食品行业开发绿色无毒天然抗菌剂提供参考。

## 1 精油的性质

### 1.1 抗菌性

崔海英等发现,丁香精油通过破坏菌体的细胞膜结构和抑制遗传物质的合成影响菌体的正常的生命活动<sup>[7]</sup>。Assiri等研究百里香精油的抑菌性,发现其对多种微生物的生长繁殖具有高效的抗菌活性<sup>[8]</sup>。赵亚珠等研究表明,牛至精油对某些霉菌具有强抑制活性,其中主要的抑菌活性成分是香芹酚<sup>[9]</sup>。

植物精油是有抗菌作用的,并且大量实验证明多种精油混合抗菌性更强。未来可以侧重研究多种精油组合作用,以抵抗不同食品中的致病微生物。

### 1.2 抗氧化性

植物精油在不同条件下具有不同程度的抗氧化能力,部分精油可以开发作为天然抗氧化剂。李晓娇等利用共水法提取云南松针精油以探究其抗氧化性能,发现云南松针精油对多种自由基具有清除效果,具备良好的抗氧化性能<sup>[10]</sup>。丁皓迪等制备胡椒叶精油微乳液体系,利用DPPH和ABTS自由基清除法来研究比较体外抗氧化作用,发现胡椒叶精油微乳液体系可以开发作为天然抗氧化剂<sup>[11]</sup>。程贤等研究发现,油樟精油抗氧化能力与溶液浓度有较强的相关性,且所配置溶液浓度为0.8~2.0 g/L时达到最大<sup>[12]</sup>。

### 1.3 挥发性

谭艳等通过气相色谱-质谱对柚子皮精油的挥发性成分进行分析,发现被检测的4种柚皮精油共含有56种不同挥发性成分<sup>[13]</sup>。袁观富等采用气相色谱-质谱法测定海南沉香木精油中的挥发成分,发现其含有68种挥发成分<sup>[14]</sup>。陈南等研究表明,百里香精油含有丰富的挥发性物质,可有效除掉羊奶的膻味,改善风味<sup>[15]</sup>。邓源喜等发现,固封精油熏蒸可以作为水果的新型保鲜方法<sup>[16]</sup>。

精油里含有大量的挥发成分,导致精油具备挥发性。精油的挥发性可以加速精油分子的扩散速度,加强保鲜效果和改善风味。

## 2 精油的提取方法

为了获得品质良好、成分稳定的植物精油,需要选取合适的方法提取植物精油。提取植物精油一般采用水蒸气蒸馏法和萃取法。

### 2.1 水蒸气蒸馏法

水蒸气蒸馏法是利用精油的挥发性,通过加热的方法进行蒸馏,一些挥发成分随之蒸发出来,冷凝收集后得到精油。如表1所示,用水蒸气蒸馏法提取不同的精油<sup>[17-21]</sup>,其中何风平等采用水蒸气蒸馏法提取澳洲坚果叶精油,获得该法提取精油的最佳条件为料液比为1:5 g/mL,NaCl质量浓度为2.5 g/100 mL,蒸馏时间为3 h,料液比对精油提取率的影响最大<sup>[17]</sup>。

水蒸气蒸馏法适用于提取挥发性较强、不被蒸馏高温破坏、不与水发生反应且溶解性低的成分,其缺点

表1 用水蒸气蒸馏法提取不同的精油

Table 1 Extraction of different essential oils by steam distillation

| 精油      | 实验条件                                                                   | 提取率            | 参考文献 |
|---------|------------------------------------------------------------------------|----------------|------|
| 澳洲坚果叶精油 | 料液比1:5 g/mL, NaCl质量浓度2.5 g/100 mL, 蒸馏时间3 h                             | 1.061%         | [17] |
| 花椒精油    | 粉碎粒度425 $\mu\text{m}$ , 液料比10 mL/g, 提取时间3.0 h                          | 3.73%          | [18] |
| 柑橘皮精油   | 料液比为1:6(30 g:180 mL), 提取次数为4次, 加酶用量(料酶比为10:3), 超声功率为400 W, 提取时间为90 min | 0.133 3 mL/g以上 | [19] |
| 薰衣草精油   | 薰衣草→粉碎→过425 $\mu\text{m}$ 筛→称量→浸泡→超声波提取→旋转浓缩→称量→记录                     | 0.768%         | [20] |
| 玫瑰精油    | NaCl浓度为7.5%, 蒸馏时间4 h, 花液比1:4                                           | 0.140%         | [21] |

是高温下长时间蒸馏会使植物组织中的精油热敏性成分发生化学反应,降低精油质量。

## 2.2 萃取法

### 2.2.1 有机溶剂萃取法

郭畅畅等用有机溶剂萃取法萃取玫瑰花渣中的玫瑰精油,结合气质联用法分析精油成分,并对萃取条件进行了优化,结果表明,最优的有机萃取剂为石油醚、料液比为1:3、回流时间为420 h、温度为80 °C时,产物中存在香茅醇、乙酸香叶酯等精油的主要成分<sup>[22]</sup>。此法具有保留精油的品质、操作简单和高提取率的优点,但溶剂萃取后精油的纯度低,天然感较差,目前多应用于实验室。

### 2.2.2 超高压萃取法

超高压萃取法可应用于低熔点、热敏性物质等的萃取中,其特点是常温易操作,效率较高,提取所得物丰富,品质好,但其需要在超高压状态下进行,对设备和技术要求高,成本高。贾春晓等采用超高压萃取法提取花椒精油,在固液比为1:40、压力为300 MPa、时间为3 min时可获得提取率为24.16%的花椒精油,提取出来的花椒精油中含有67种成分<sup>[23]</sup>。

### 2.2.3 超临界CO<sub>2</sub>萃取法

超临界CO<sub>2</sub>萃取法在提取精油过程中的操作温度较低,能够有效避免植物精油组分的热分解,具有安全无害、溶解能力强、可增加精油留香时间等优点,但操作压强需在12~15 MPa之间,技术要求高,运行成本制约了该技术的应用,因此工业化应用较少。陈军等在12~15 MPa、40~50 °C、1~1.5 h、20~30 L/h(二氧化碳流量)的操作条件下,用超临界CO<sub>2</sub>萃取法萃取碰柑叶精油,得到了高质量和产率的产品<sup>[24]</sup>。

### 2.2.4 亚临界水萃取法

亚临界水萃取法具有提取速度快、提取率高、无毒无害、环保节能、成本低等优点,它克服了传统有机溶剂萃取法的缺点,但保留了超临界流体萃取法的优点,可工业化大规模生产。Ma等实验证明,在120 °C、20 min、250 W/L(超声功率密度)和20 kHz(超声频率)的条件下从高良姜中提取的精油量最大(25.80 mg/g)<sup>[25]</sup>。

### 2.2.5 微波萃取法

邱宁等利用微波萃取技术对山苍子进行萃取,结果显示,相较水蒸气蒸馏法,萃取率提高了50%<sup>[26]</sup>。微波萃取法的优点在于能够提高精油的提取率,加快提取速度,对温度的要求不高。生产中常用微波萃取辅助水蒸气蒸馏的方法提取精油,这样可以提高精油提取率和保证精油质量。Xiao等建立了一种微波辅助的水蒸气蒸馏法从细辛异向性根和根茎中分离出精油、沙林素和芝麻素<sup>[27]</sup>。提取精油后,细辛异向性根和根茎的粉末残渣相对干燥,可以节省能耗,减少精油损失,提高精油的回收率。

## 3 精油在食品抗菌中的应用

### 3.1 精油在粮油制品保鲜中的应用

粮油制品是人们日常生活的主食,其品质如何直接关系着人们的身体健康。粮油食品富含营养物质,容易成为微生物生长的温床,所以,在粮油食品的贮藏时,最好加入适量的具有抗菌性和无毒性的植物精油。植物精油可以加入多种粮油制品中,以达到抗菌的效果,具体如表2所示<sup>[28-33]</sup>。

花生在中国产量丰富,但其易受黄曲霉菌的感染。江旺等研究发现,花生经过香辛料精油熏蒸后能在25 d内有效地抑制霉菌的生长,花生的过氧化值和酸价增长速率明显降低,有利于提高其出油率,且精油对花生的防霉效果随着浓度增加而更加显著<sup>[28]</sup>。

面包作为世界范围内的主食之一,容易受霉菌污染而腐烂变质,传统的包装在确保面包的质量前提下延长保质期方面已经达到极限。为延长面包的保质期,Ju等制备了香精油微胶囊,将其置于面包的外包装内,发现香精油微胶囊可有效抑制面包上霉菌的生长,同时不会影响面包的感官特性<sup>[29]</sup>。除此以外,用点加法将植物精油滴加到绿豆糕和香脆饼等烘焙食品的包装材料上也有类似的保鲜效果,且不会影响食品的风味<sup>[34]</sup>。

### 3.2 精油在肉制品保鲜中的应用

肉类是人体获取能量的重要来源,因为肉类中水分、能量、蛋白质、脂肪等营养要素含量丰富,不同地区

表2 精油在粮油制品中的应用

Table 2 Application of essential oil s in grain and oil products

| 粮油制品种类 | 方法                             | 实验结果                                                         | 参考文献 |
|--------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|------|
| 大米     | 将装有花椒精油微胶囊保鲜剂的无纺布密封袋放入大米中。     | 储藏 150 d 时,保鲜剂处理的大米霉菌总数小于对照大米霉菌总数。                           | [30] |
| 豆制品    | 将丁香精油纳米脂质体加入到含有豆制品的培养基中。       | 对豆制品的金黄色葡萄球菌的杀菌率达到 99% 以上。                                   | [31] |
| 玉米     | 用滤纸片测定复合精油对从玉米中分离得到的霉菌的抑制作用。   | 复合植物精油对黄曲霉的抑菌圈直径为 $(33.0 \pm 4.0)$ mm, 具有抗菌效果。               | [32] |
| 小麦     | 用滤纸片测定复合精油对从小麦中分离得到的优势真菌的抑制作用。 | 以肉桂精油:牛至精油为 1:2 时协同抑菌效果最佳,对尖孢镰刀菌的抑菌效果 MIC 为 0.08 $\mu$ L/mL。 | [33] |
| 花生     | 用香辛料精油对花生进行熏蒸。                 | 能在 25 d 内有效地抑制霉菌的生长。                                         | [28] |
| 面包     | 将香精油微胶囊置于面包的外包装内。              | 抑制霉菌的生长,且不会影响面包的感官特性。                                        | [29] |

养殖出的同品种肉类的营养成分含量也不尽相同<sup>[35,36]</sup>。随着消费观念的改变,人们对肉类的新鲜度以及各营养成分含量等的要求逐渐升高,这也推动着肉类保鲜技术研究的发展,利用植物精油的抗菌性等提高保鲜技术成为研究热点。

徐鑫等用艾蒿精油复合膜涂料浸泡冷却猪肉 3 min,以无菌蒸馏水处理另一块冷却猪肉为对照组,结果表明复合膜能有效阻止氧气和水分的进入,抑制肉样的酶活性和微生物的生长,保证冷却猪肉的货架期长达 12 d<sup>[37]</sup>。Sani 等将被乳清蛋白分离物包封后的百日草精油和氧化锆等添加至马铃薯淀粉糊中制备纳米复合膜,改善了薄膜的抗菌和机械性能,用此复合膜包装鹌鹑肉有利于延长鹌鹑肉的保质期<sup>[38]</sup>。郑玉玺等用含 8% 荔枝木质精油的可食复合膜对冷鲜鸡肉包装冷藏,与用普通保鲜膜对冷鲜鸡肉包装冷藏相比,能减缓鸡肉的变质,有较好的保鲜效果<sup>[39]</sup>。

### 3.3 精油在蛋类和奶类制品保鲜中的应用

Teneva 等在蛋黄酱中以罗勒或莳萝精油作为生物防腐剂,并在 0~4 °C 的条件下冷藏 40 d,发现蛋黄酱保持良好感官特性,pH 值略有下降,有害菌群数在安全水平以内,具有良好的抗菌效果<sup>[40]</sup>。在色拉调料中使用封装有牛至或丁香精油的水-油纳米乳剂对导致食物腐败的百日酵母同样也表现出良好的抗真菌性能<sup>[41]</sup>。

精油也可用于奶制品保鲜,但为了避免精油的芳香气味影响奶制品的风味,一般只是用于奶酪的保鲜。卡萨尔奶酪切片中高水分含量和 pH 值极其适合各种微生物的生长,而霉菌的生长是导致其变质的主要原因,所以霉菌的抑制是保证卡萨尔奶酪切片不变质的关键因素。应用含牛至精油或大蒜精油的乳清蛋白的可食膜到卡萨尔奶酪切片的包装中有利于降低其表面霉菌污染,以延长保质期并保证卡萨尔奶酪切片的安全性和质量<sup>[42]</sup>。

### 3.4 精油在果蔬保鲜中的应用

新鲜的水果蔬菜极易受到机械损伤和微生物入侵,造成果蔬的营养价值降低和腐败变质。目前市场上的食品杀菌剂成本低且杀菌性强,但长期使用对人体有诸多危害。植物精油作为一类绿色、天然、高效的抗菌剂和抗氧化剂,能有效抑制多种致病菌的生长,保证食品的品质。

Sun 等研究了含薰衣草精油纳米乳液的复合膜对樱桃番茄保存的影响,发现薰衣草精油具有良好的抑菌性,并能抑制总酚含量的下降,保持新鲜度,延长樱桃番茄的货架期<sup>[43]</sup>。高文华等利用肉桂精油复合膜对圣女果进行保鲜包装,发现圣女果的感官品质得到改善,腐烂率降低,维生素 C 的流失速度减慢且圣女果的货架期延长<sup>[44]</sup>。

乔自鹏等将含胜红蓟精油制成的复合微乳液用于处理芦柑,结果发现芦柑青霉病的病斑扩展受到抑制,当复合微乳液浓度为 20 mg/mL 时,对表面有害病菌的抑菌效果最好,达到了 76.48% 的抑制率<sup>[45]</sup>。齐红蓉等研究发现,肉桂精油可以抑制菠萝蜜果苞的褐变反应进程,增强果苞抗菌作用,提高果苞的储藏品质<sup>[46]</sup>。邓雯瑾等研究发现,将百里香精油抗菌复合膜用于鲜生菜可以有效地延长鲜生菜的货架期<sup>[47]</sup>。胡还甫等研

究了不同体积分数缬草精油对常温下夏黑葡萄风味品质、货架品质的影响,结果表明缬草精油的处理使夏黑葡萄具有一定的强度,降低了其腐烂率,延长了货架保藏期<sup>[48]</sup>。

### 3.5 精油在水产品保鲜中的应用

水产品在进行加工、运输和贮藏的过程中易受到食源性病原菌和酶的作用而发生腐败,导致其口感不佳,色泽变差,甚至产生有毒物质,降低了营养与经济价值。因此,使用绿色、安全的抗菌剂对水产品进行保鲜显得格外重要。

Chuesiang等通过用肉桂精油对冷藏亚洲鲈鱼鱼片进行浸泡处理,发现肉桂精油能抑制细菌的生长,具有防腐效果,延长了鱼片的贮藏期<sup>[49]</sup>。刘蒙佳等利用丁香精油保鲜衬垫协同气调包装对金鲳鱼进行低温保存,发现该精油能将金鲳鱼的货架期延长约4 d<sup>[50]</sup>。

Liu等将丁香精油与食用涂料混合对白虾(南美对虾)在 $(4.0\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 条件下冷藏15 d,有效地延长了虾的货架寿命<sup>[51]</sup>。杨辉等用丁香精油和葡萄籽精油的复合薄膜对草鱼鱼肉进行保鲜,发现该薄膜能使鱼肉在 $(4\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 条件下的货架期达到8 d,达到了保鲜的效果<sup>[52]</sup>。

## 4 展望

精油具有抑菌性、抗氧化性和挥发性,是一种天然抗菌活性物质,已被广泛运用于食品保鲜等领域。精油成分复杂,且不少微量的活性物质具有抗氧化活性,目前其抑菌性机制及应用技术手段尚处于探索阶段。随着以减缓精油挥发性为核心的微胶囊技术和成膜技术更深入的研究,将进一步加速精油在食品工业和医药化妆品行业的应用。

### 参考文献:

- [1] 王龔,林威,俞根荣,等.植物精油在食品防霉保质中应用的研究进展[J].核农学报,2021,35(5):1170-1177.
- [2] CHEN K, ZHANG M, BHANDARI B, et al. Edible flower essential oils: a review of chemical compositions, bioactivities, safety and applications in food preservation[J]. Food Research International, 2021, 139: 109809.
- [3] 郝渊鹏,李静一,杨瑞,等.芳香植物精油的抗菌性及在动物生产中的应用[J].植物学报,2020,55(5):644-657.
- [4] 刘涛,何惠欢,邓永飞,等.百里香精油在化妆品中的应用研究进展[J].海南师范大学学报(自然科学版),2020,33(4):403-408.
- [5] 李奕星,陈美娟,陈娇,等.咪唑啉-芥末精油微胶囊对红毛丹果实保鲜效果的研究[J].海南师范大学学报(自然科学版),2019,32(4):390-396.
- [6] 马瑞佳,蔡晨晨,雷财玉,等.蔗渣-纳米氧化银保鲜剂的制备[J].食品科学,2019,40(24):274-280.
- [7] 崔海英,周慧,宋方平,等.丁香精油对单核细胞增生性李斯特菌的抗菌性能及杀菌机制研究[J].中国食品添加剂,2015(12):65-69.
- [8] ASSIRI A M A, ELBANNA K, ABULREESH H H, et al. Bioactive compounds of cold-pressed thyme (*Thymus vulgaris*) oil with antioxidant and antimicrobial properties[J]. Journal of Oleo Science, 2016, 65(8):629-640.
- [9] 赵亚珠,郝晓秀,孟婕,等.牛至精油抑菌活性成分稳定性及其在抗菌纸箱中的缓释特性[J].食品与发酵工业,2020,46(20):114-119.
- [10] 李晓娇,李悦,董锦,等.云南松针精油的提取及抗氧化活性研究[J].中国食品添加剂,2020,31(7):27-35.
- [11] 丁皓迪,蒋志国.胡椒叶精油微乳液的构建及其抗氧化活性分析[J].中国食品添加剂,2021,32(2):6-13.
- [12] 程贤,毕良武,李胜男,等.春秋两季油樟叶的油细胞形态、精油成分及其抗氧化活性研究[J].林产化学与工业,2021,41(1):38-44.
- [13] 谭艳,王国庆,吴锦铸,等.基于GC-MS与GC-IMS技术对四种柚皮精油挥发性风味物质的检测[J].食品工业科技,2021,42(15):256-268.
- [14] 袁观富,樊亚鸣,何芝洲,等.海南沉香精油挥发性成分的GC-MS测定及呈香分析[J].广州大学学报(自然科学版),2012,11(5):40-45.
- [15] 陈南,王一飞,陈琳,等.百里香精油对羊奶脱膻效果的评价及机理研究[J].中国调味品,2020,45(6):5-9.
- [16] 邓源喜,许晖,王家良,等.固封精油熏蒸对油桃采后保鲜效果的影响[J].核农学报,2021,35(2):357-365.

- [17] 何凤平,雷朝云,范建新,等.水蒸气蒸馏法提取澳洲坚果叶精油工艺[J].食品工业,2020,41(1):176-180.
- [18] 罗怡华,张军军,桑延霞.花椒精油提取工艺优化及其抗氧化性探究[J].广东化工,2020,47(15):24-25.
- [19] 王文丽,林峰,吴倩.柑橘皮精油提取工艺研究[J].化工时刊,2021,35(6):5-8.
- [20] 杨慧,张如涯,陈立伟,等.薰衣草精油提取最佳条件的研究[J].饲料研究,2019,42(6):89-92.
- [21] 高莹,潘奕彤,张萌,等.水蒸气蒸馏提取玫瑰精油工艺的优化[J].广东化工,2016,43(7):35-36.
- [22] 郭畅畅,张娟,刘朝政,等.在玫瑰花渣中提取玫瑰精油及抗氧化性研究[J].应用化工,2020,49(8):1930-1932.
- [23] 贾春晓,张瑾洁,贾蓓蕾,等.超高压萃取花椒精油及其化学成分分析[J].中国调味品,2015,40(7):51-55.
- [24] 陈军,石进校,蔡石坚,等.超临界二氧化碳法提取碰柑叶精油[J].长沙大学学报,2004(2):32-33.
- [25] MA Q, FAN X, LIU X, et al. Ultrasound-enhanced subcritical water extraction of essential oils from *Kaempferia galangal* L. and their comparative antioxidant activities[J]. Separation and Purification Technology, 2015, 150: 73-79.
- [26] 邱宁,秦静.时间因素对微波辅助萃取山苍子精油的影响研究[J].赤峰学院学报(自然科学版),2016,32(8):39-40.
- [27] XIAO Y, LIU Z, GU H, et al. Improved method to obtain essential oil, asarinin and sesamin from *Asarum heterotropoides* var. *mandshuricum* using microwave-assisted steam distillation followed by solvent extraction and antifungal activity of essential oil against *Fusarium* spp[J]. Industrial Crops and Products, 2021, 162: 1-14.
- [28] 江旺,刘晓丽,于泓鹏,等.香辛料精油对油料花生气相防腐作用研究[J].食品与机械,2012,28(4):164-167.
- [29] JU J, XIE Y, YU H, et al. A novel method to prolong bread shelf life: sachets containing essential oils components[J]. LWT-Food Science and Technology, 2020, 131: 1-7.
- [30] 陈冰洁,乔勇进,雷天慧,等.花椒精油微胶囊保鲜剂对大米贮藏品质的影响[J].上海农业学报,2021,37(1):98-103.
- [31] 林琳,代娅婕,周昌倩,等.丁香精油纳米脂质体的制备及其在不同豆制品中的应用[J].中国食品添加剂,2016(9):135-138.
- [32] 代安娜,张丽媛,钱丽丽.6种植物精油对玉米中霉菌的抑菌作用[J].中国粮油学报,2022,37(1):135-141.
- [33] 张守梅,张娜娜,王兴亚,等.植物精油对储藏期间小麦污染优势真菌的抑制效果研究[J].农产品质量与安全,2021(3):28-32.
- [34] JU J, XU X, XIE Y, et al. Inhibitory effects of cinnamon and clove essential oils on mold growth on baked foods[J]. Food Chemistry, 2018, 240: 850-855.
- [35] 徐焕,郝力壮,刘书杰,等.不同地区淘汰母牦牛肉营养品质的比较分析[J].食品工业科技,2020,41(9):232-237.
- [36] 朱宏,梁克红,仇菊,等.我国地方绵羊品种与进口羊腿肉的营养质构差异分析[J].食品安全质量检测学报,2020,11(9):2758-2765.
- [37] 徐鑫,陶宏志,吴平华,等.艾蒿精油-壳聚糖-VE复合涂膜对冷却猪肉的保鲜效果[J].枣庄学院学报,2019,36(2):28-35.
- [38] SANI I K, GESHLAGHI S P, PIRSA S, et al. Composite film based on potato starch/apple peel pectin/ZrO<sub>2</sub> nanoparticles/microencapsulated *Zataria multiflora* essential oil; investigation of physicochemical properties and use in quail meat packaging[J]. Food Hydrocolloids, 2021, 117: 1-15.
- [39] 郑玉玺,董蕾,韩明,等.壳聚糖-荔枝木质精油可食膜的性能及在冷鲜鸡肉保鲜中的应用[J].食品工业科技,2021,42(6):214-219.
- [40] TENEVA D, DENKOVA Z, DENKOVA-KOSTOVA R, et al. Biological preservation of mayonnaise with *Lactobacillus plantarum* LBR12, dill, and basil essential oils[J]. Food Chemistry, 2021, 344: 1-8.
- [41] RIBES S, FUENTES A, BARAT J M. Effect of oregano (*Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum*) and clove (*Eugenia* spp.) nanoemulsions on *Zygosaccharomyces bailii* survival in salad dressings[J]. Food Chemistry, 2019, 295: 630-636.
- [42] SEYDIM A C, SARIKUS-TUTAL G, SOGUT E. Effect of whey protein edible films containing plant essential oils on microbial inactivation of sliced Kasar cheese[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2020, 26: 1-7.
- [43] SUN X, WANG J, ZHANG H, et al. Development of functional gelatin-based composite films incorporating oil-in-water lavender essential oil nano-emulsions: effects on physicochemical properties and cherry tomatoes preservation[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 142: 1-9.
- [44] 高文华,陈光霞,徐冬美,等.壳聚糖/肉桂精油复合膜对圣女果保鲜的研究[J].上海包装,2017(04):7-10.
- [45] 乔自鹏,李书明,王奇志.胜红蓟精油复合微乳液体系构建及其对芦柑保鲜的影响[J].核农学报,2019,33(10):1967-1974.
- [46] 齐红蓉,田建文,张彦军,等.肉桂油复合涂膜对鲜切菠萝蜜果芭贮藏期间品质的影响[J].食品与机械,2020,36(4):126-131.