

物流保鲜

天然植物抑菌成分提取及在食品保鲜中的应用进展

李冬娜, 马晓军

(天津科技大学 包装与印刷工程学院, 天津 300222)

摘要: **目的** 综述天然植物抑菌成分提取技术及其在食品(肉类)和果蔬保鲜包装领域的应用研究进展。**方法** 通过对国内外研究现状和研究成果的分析和总结,介绍天然植物抑菌成分的提取技术、方法及其在食品贮藏和果蔬保鲜中的应用。**结果** 天然植物提取的抑菌成分可有效抑制冷藏食品和果蔬的微生物侵入,防止其腐败变质及营养损耗,从而延长食品和果蔬的货架期。天然植物具有原材料来源广泛、环保、安全无毒等优点,其内提取的抑菌成分在食品贮藏和果蔬保鲜中得到了广泛的应用。**结论** 天然植物提取物作为天然抑菌剂,在国内外已经有了长足的发展和应用,使肉类和果蔬在保证质量的前提下达到最长的保存期,但抑菌成分提取技术的结合使用和抑菌活性成分的分离、鉴定研究还不够深入,是今后值得关注的重点方向。

关键词: 天然植物; 抑菌成分; 提取; 保鲜; 应用进展

中图分类号: TS206; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)13-0071-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.13.013

Extraction and Food Preservation Application Progress of Antimicrobial Components of Natural Plant

LI Dong-na, MA Xiao-jun

(College of Packaging & Printing Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

ABSTRACT: The work aims to review the extraction technology of natural plant antimicrobial components and research progress of application in the fresh-keeping packaging of food (meat), fruit and vegetables. By means of analysis and summary of the research status and achievements at home and abroad, the extraction technology and method of natural plant antimicrobial components and their application in food, fruit and vegetable preservation were introduced. The antibacterial components extracted from the natural plant could effectively inhibit the microorganism invasion, and prevent the spoilage and nutrition loss, thus prolonging the shelf life of chilled food, fruit and vegetables. Because of the advantages of the raw materials, such as extensive sources, environmental friendliness, safety and non-toxicity, etc., the extracted antimicrobial components had been widely applied in food storage and fruit and vegetable preservation. As a kind of natural antimicrobial agent, natural plant extraction has made great progress and wide application at home and abroad, which enables the meat, fruits and vegetables to achieve the longest shelf life on the premise of ensuring the quality. However, the combination of antimicrobial component extraction technology, the isolation and identification of antimicrobial active components have not been studied deeply, which is the key direction for concern in the future.

KEY WORDS: natural plant; antimicrobial components; extraction; preservation; application progress

目前人们为了延长食品、果蔬的贮藏期限,常常在贮藏过程中添加防腐剂,导致食品腐败变质的各类菌种可得到一定的抑制。合成食品防腐剂存在一定的

安全隐患,若添加不当或超标使用会严重威胁人们的身体健康,因此研究开发绿色、安全、高效的天然食品防腐剂迫在眉睫。天然植物资源丰富、安全性好,

收稿日期: 2017-11-17

基金项目: 天津科技大学创新团队项目(000010123)

作者简介: 李冬娜(1989—),女,天津科技大学博士生,主要研究方向为包装材料。

通信作者: 马晓军(1975—),男,博士,天津科技大学教授,主要研究方向为包装材料与包装技术。

其花、叶、根、树皮、果实、种子、树脂均可提取出活性成分,提取物安全无毒,具有一定的抗菌性,是一类绿色、健康的天然保鲜剂,成为新型防腐剂、抗菌剂的最佳选择,在香精香料行业、化妆品、食品、医疗、制药等领域均具有广泛的应用。近年来,人们对天然植物抑菌成分的提取进行了大量研究,主要提取方法有水蒸气蒸馏法、超临界 CO₂ 萃取法、微波辅助提取法、超声波辅助提取法、亚临界水萃取法等。由于天然植物提取物的抑菌杀菌作用,将其用于食品、果蔬保鲜领域成为国内外学者的研究热点。

1 天然植物抑菌成分提取方法

天然植物抑菌成分的提取方法有很多,包括水蒸气蒸馏法、超临界 CO₂ 萃取法、微波辅助提取法、超声波辅助提取法、亚临界水萃取法等。

1.1 水蒸气蒸馏法

水蒸气蒸馏法是目前使用最广泛的天然植物提取方法,该方法利用水蒸气与天然植物一同蒸馏,水蒸气分子向植物细胞中渗透,置换出天然植物中的挥发性抑菌成分,高温条件下挥发性成分与水蒸气同时被蒸馏出来,经冷凝分离得到最终的提取物^[1]。水蒸气蒸馏法目前已在多种天然植物抑菌成分的提取上得到应用,取得了良好效果。如 Mahmood 等^[2]使用水蒸气蒸馏法提取柑桔皮精油,考察了果园地形位置对柑桔果皮精油成分的影响。发现柑桔精油具有较高的生物活性成分,这种成分与柑桔的品种和季节特征都有密切的关系。Sun 等^[3]将水蒸气蒸馏法和溶剂萃取法结合提取红枣有效成分,结果显示,该提取方法简便、快速、有效,为测定红枣提取物的挥发性成分提供依据。Salha 等^[4]通过水蒸气蒸馏法提取马郁兰精油,结果显示 2 组精油对尼日尔曲霉的抑制率分别达到 85.09% 和 100%。此外,水蒸气蒸馏法还可用于提取玫瑰、生姜、柑橘、葛缕子、柿叶、薰衣草、胡椒^[5]、板栗花等多种天然植物中的抑菌成分。

水蒸气蒸馏法的应用虽然广泛,但也具有局限性,此法适用于可与水共沸、具有挥发性成分且难溶于水、能随水蒸气蒸馏而结构不被破坏的天然植物活性成分的提取。该方法在提取过程中需经高温蒸馏,提取时间长,提取物极易产生热分解或水解。

1.2 超临界 CO₂ 流体萃取法

超临界 CO₂ 流体萃取法是指在超临界状态下,使用 CO₂ 作为萃取剂,改变超临界的压力和温度,利用天然植物各组分在流体中溶解度的差异性,选择性地从目标物中萃取出特定成分,从而实现目标物被分离的技术^[6-7]。

目前利用超临界 CO₂ 流体萃取法可从紫薇叶、浆

果、迷迭香、蜡菊、茴香、橘皮、留兰香、鼠尾草、罗勒、牛至^[8]等植物中提取抑菌成分。Mouahid 等^[9]使用 CO₂ 作为萃取气体,在超临界条件下提取了迷迭香和蜡菊的精油,并与水蒸气蒸馏法提取物进行了对比,2 种方法的提取物成分有很大不同,超临界 CO₂ 萃取法显示出极大的优势。Hatami 等^[10]通过超临界 CO₂ 萃取法提取茴香中的精油,茴香脑和小茴香酮的提取量分别达到 6.16 和 0.29 mg/g。Shahsavarpour 等^[11]使用超临界 CO₂ 萃取法提取留兰香叶精油,提取的精油成分主要由香芹酮(质量分数为 45.96%)、薄荷酮(质量分数为 13.89%)和柠檬油精(质量分数为 12.81%)组成。

超临界 CO₂ 流体萃取法工艺操作简单、提取时间短、选择性强、易分离、所需温度低、萃取的提取物得率高、无残留、安全环保,但该方法需要昂贵的仪器设备。

1.3 微波辅助提取法

微波辅助提取法是近年来发展起来的利用微波能从植物中提取活性成分的绿色工艺,原理是天然植物细胞吸收微波辐射能后,导致植物内细胞破裂,使活性成分流出。Yan 等^[12]使用微波辅助提取迷迭香中的抗菌分子,并与脱氢醋酸钠、玉米淀粉海藻酸钠结合制备抗菌膜。结果表明,加入质量分数为 0.1% 的脱氢醋酸钠和 0.3% 的迷迭香提取物制备的抗菌膜对大肠杆菌具有一定的抑制作用,在延长食品货架周期方面有着潜在的应用前景。Olalere 等^[13]通过微波萃取法提取黑胡椒里的抗菌成分,在最佳工艺条件下,提取物的收率为 5.64%,证实了黑胡椒提取物具有一定的抗氧化能力。也有研究分别使用微波辅助法和水蒸气蒸馏法提取黑种草精油,结果发现,微波辅助法的提取率和精油质量分数为 0.33% 和 20%,而水蒸气蒸馏法的提取率和精油质量分数仅为 0.23% 和 3.71%。由此,提取此种天然植物精油,微波辅助法具有优良的提取效率,提取的精油含量高,抗氧化性强^[14]。另外, Saka 等^[15]通过水蒸气蒸馏法和微波辅助水蒸气蒸馏法提取白菜型油菜的部分精油,显示其叶和根部的精油都具有很高的抗氧化性和抗菌活性。另外,微波辅助提取法还可用于提取薰衣草、肉桂^[16-17]、五味子果实、迷迭香、橘子皮、大叶桉叶等天然植物的抑菌成分。

与传统的提取方法相比,微波辅助提取法可节省萃取时间和所用的萃取溶剂,提取物得率高,有机溶剂残留低,但微波的加热会破坏天然植物的热敏性成分^[18]。此外,无溶剂微波萃取法是最近开发的一项简单、迅速而且经济的绿色提取技术,提取时不添加任何溶剂,仅利用天然植物中的水分或润湿干燥植物的水分来吸收微波能实现提取,具有一定的推广价值。

1.4 超声波辅助提取法

超声波辅助提取法是利用超声波能,依据天然植物中有效成分的极性、溶解性等特性,可快速进入溶剂中,再将多种混合的提取液分离得到单一活性成分的新技术,该方法已被广泛应用于多种天然植物抑菌成分的提取^[19]。全沁果等^[20]通过超声波辅助有机溶剂法研究了香樟叶叶绿素的最佳提取工艺,对香樟叶叶绿素的最大提取量为4.667 mg/g。同时发现其提取物对金黄色葡萄球菌有良好的抑制作用,将其应用到不同食品保鲜中也获得了良好的抑菌效果。袁琼等^[21]也通过超声辅助法研究了香樟叶中的抑菌成分,其提取物对枯草芽胞杆菌的抑菌圈可达16.12 mm。汪伦记等^[22]通过超声辅助乙醇回流提取冬凌草中的抑菌活性成分,得出冬凌草提取物对金黄色葡萄球菌的抑菌圈直径达到28.89 mm。对金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草芽胞杆菌、绿浓杆菌和多杀性巴氏杆菌这5种常见的食品致病菌的抑菌试验结果显示,除大肠杆菌外,冬凌草乙醇提取物对其余4种食品致腐致病菌具有显著的抑制作用,具有作为天然食品防腐剂的潜力。王书红等^[23]通过超声辅助乙醇回流提取天然迎春花中的抑菌成分,可作为洗手液的杀菌防腐剂。通过性能检测显示,其提取液不仅含有可以抑制细菌生长的天然抑菌成分,而且具有独特的香味和色泽,还起到滋润皮肤和抗静电的作用。

超声波辅助提取法具有显著的保护活性成分、缩短提取时间、提高提取效率等优点,因而被看作是“绿色技术”。超声波技术在提取受热不稳定的活性物质和要求低温加工的食品方面具有广阔的应用前景。

1.5 亚临界水萃取法

亚临界水萃取法是指在一定压力条件下,将水温保持在100~374℃范围内,水的极性在较大的范围内变化,可选择性地从天然植物中连续提取有效成分。Maskovic等^[24]对比了传统提取法(浸渍法和索氏提取法)和非传统提取法(超声、微波和亚临界水萃取)提取夏香薄荷中的抗菌分子的效果,结果表明,亚临界水萃取法提取的抗菌分子具有较高的生物活性,传统提取法得到的提取物其迷迭香酸含量更高,非传统提取法的提取物主要以芦丁和槲皮素为主。Mottahedin等^[25]通过亚临界水萃取法从姜黄根茎中提取精油,优化了提取的工艺条件,对精油(姜黄素)的最大提取率达到90.19%,与传统的提取方法相比具有一定的优势。该技术还可用于提取野蔷薇、向日葵种子、香菜种子、牛至等天然植物的抑菌成分。

亚临界水萃取法以价廉、无污染的水作为萃取剂,与超临界CO₂萃取法相比成本低,对设备的要求不高,提取时间短,具有一定的优势,被视为绿色环保、前景广阔的一项提取技术^[26],但因高温高压易破

坏天然植物中的热敏性成分,提取前需对天然植物抑菌成分的热稳定性进行研究。

2 天然植物提取物抑菌成分的应用

2.1 肉类贮藏保鲜

肉类是人类获取蛋白质的主要来源,但新鲜的肉类在常温下极易受微生物、光和热等多种因素的影响而发生变质,因此,冷藏肉受到广大消费者的青睐。目前,食品工业中天然防腐剂的开发备受关注,天然植物提取物作为防腐剂、抗菌剂,除了起到较好的保鲜作用外,还能在一定程度上提高食品的安全性。

为了延长肉类食品的保质期,学者们对天然植物抑菌成分的提取和应用进行了大量研究。Mahmmod等^[27]研究了不同浓度的生姜提取物对牛肉特性的影响,在-18℃下浸泡2周后,显示经质量分数为6%的生姜提取物浸泡的牛肉蒸煮损失较低,且经质量分数为3%和6%的生姜提取物浸泡的牛肉风味较好,这主要是因为生姜提取物的蛋白水解酶活性作用,增强了牛肉解冻时与水的结合能力,减少了渗出液的流失。赵玉明等^[28]研究了5种香辛料(丁香、大蒜、生姜、八角、肉桂)精油对牛肉贮藏过程中的腐败菌、热死环丝菌、分叉肉杆菌和变形斑沙雷菌的抑菌效果,结果表明,复合香辛料精油(丁香精油、大蒜精油、肉桂精油、生姜精油、八角精油的质量分数分别为1%,1%,2%,0.375%,0.75%)能够有效抑制牛肉中腐败微生物的生长繁殖和pH值的快速上升,减缓牛肉中脂肪氧化和蛋白质的分解速度,可较好地维持牛肉的感官品质。牛肉通过香辛料复合精油处理并结合真空包装和低温贮藏条件可以延长保鲜期到25 d。Lu等^[29]研究了桉树精油对猪肉假单胞菌的体外应用,从茶树油、桉叶油、丁香油、薄荷油、大蒜油这5种精油对假单胞菌的抗菌效果来看,桉叶油表现出最大的抗菌活性,是一种潜在的可替代化学处理的方法,可明显控制肉的腐败变质,延长肉的货架保质期。Zhang等^[30]研究了大蒜提取物对生牛肉冷藏过程中色泽、脂肪氧化和氧化分解产物的影响。结果表明,大蒜提取物具有抗氧化作用,有助于保持牛肉肉色,抑制脂肪的氧化和蛋白质的降解。通过以上研究显示,天然植物提取的抑菌成分对生牛肉的保鲜效果显著。

Horita等^[31]对比了亚临界液体萃取法获得的大蒜提取物与其他方法获得的大蒜制品(新鲜大蒜、大蒜粉、工业油)对香肠的保鲜效果。结果表明,大蒜提取物中的大蒜素含量最高,对香肠的保鲜效果最好,其次是新鲜大蒜和大蒜粉。Abdeldaiem等^[32]研究了迷迭香精油、肉桂精油、茴香、豆蔻精油对4℃下冷藏的鲤鱼肉微生物特性、化学特性和感官特性的影响。结果显示,经迷迭香精油处理后,鲤鱼肉的保质期从

4 d 延长到了 12 d, 保质期增加了 2 倍, 其次是肉桂、茴香、豆蔻, 保质期分别为 10, 8, 6 d。Sivarajan 等^[33]分别使用丁香提取物、肉桂精油及两者的组合来延长鲜鸡肉的保质期。结果表明, 质量分数为 3% 的丁香和肉桂提取物组合使用, 能够有效抑制细菌繁殖, 可将鸡肉的保质期延长至 24 d。Alsaggaf 等^[34]将壳聚糖和枸杞提取物共混对非洲鲶鱼肉进行保鲜, 结果表明, 两者共混可发挥它们的协同作用, 明显抑制鲶鱼肉细菌的生长, 提高鱼的感官性能和延长其贮藏保质期。

从以上研究看出, 不同种类天然植物提取物都延长了肉类的贮藏周期, 尤其当 2 种或以上的天然提取物组合使用时发挥的抗菌效果更佳。对肉类微生物抑制作用较强的植物主要有桉树、迷迭香、茴香、豆蔻、枸杞、香辛料。

2.2 果蔬保鲜

果蔬产品鲜嫩多汁, 采后受损的主要原因是水分和营养成分的流失、病原微生物的侵染导致腐烂。大量研究显示, 天然植物提取物具有一定的防腐抑菌作用。王林美等^[35]以不同浓度乙醇和水作为提取介质, 浸提柞树叶中的抑菌活性成分, 获取对食源性细菌有抑制作用的柞树叶提取液, 将其用来处理果蔬(青椒、番茄、黄瓜、樱桃和葡萄)样品。贮藏第 7 天, 经过柞树叶提取液处理的果蔬仅表现为失水和松软, 尚未出现变软和腐烂现象, 延长了果蔬的贮藏期。柞树叶提取液有良好的防腐抑菌及抗氧化等生物学功能, 主要源于其含有丰富的黄酮类、木脂素类及糖苷类成分。陆漓等^[36]利用丁香精油、维生素 E、EDTA-2Na 对 PE 进行改性, 制备了兼具抗菌和抗氧化功能的 PE 膜。将改性 PE 膜用于草莓保鲜中可发现, 添加丁香精油质量分数为 5% 和 7% 的 PE 薄膜保鲜效果更佳, 货架期从 3 d 延长到了 5~6 d, 达到了预期的目的, 改性薄膜的保鲜抑菌效果可能源于丁香精油中的丁香酚。

曾丽华等^[37]通过大量学者的研究成果, 介绍了多种香辛料的抑菌活性成分, 发现从香辛料中提取的活性成分能够有效地抑制微生物的生长繁殖, 可延长果蔬的贮藏时间, 保持果蔬原有的品质。何靖柳等^[38]将萃取的植物精油用来贮藏红阳猕猴桃, 分析了精油的成分及抑菌机理, 发现烯类、醇类、醛类和萜类均对猕猴桃的尖孢炭疽菌生长具有抑制作用, 而对葡萄座腔菌有根本抑制作用的精油成分是香芹酮。陈豫等^[39]分别研究了海藻酸钠(质量分数为 2%, 后同)、海藻酸钠(2%)-大蒜提取液、海藻酸钠(2%)-生姜提取液和海藻酸钠(2%)-姜蒜复配液这 4 种不同复合保鲜处理对茵红李采后果实生理指标和品质的影响。结果表明, 海藻酸钠(2%)-姜蒜复配液处理更能有效降低茵红李果实的质量损失率, 较好地保持茵红李的贮藏品质, 延长其贮藏寿命, 主要因为单一植物提取

液的抑菌、杀菌范围较窄, 将生姜和大蒜提取液结合使用可增大它们的杀菌范围, 同时大蒜生姜复配液和海藻酸钠复合保鲜的协同增效作用有效地抑制了环境中微生物对茵红李的侵染, 减缓了果实组织的软化及果胶物质的散失, 较好地保持了茵红李的好果率。

Nair 等^[40]将壳聚糖、海藻酸钠和石榴果皮提取物结合使用来延长番石榴的保质期, 最终可延长至 20 d。Tesfay 等^[41]将可食用的羧甲基纤维素(CMC)和辣木叶、籽提取物共混用来保持鳄梨水果的贮藏品质。研究表明, 含有木提取物的 CMC 可保持采后鳄梨的整体品质质量, 将保质期延长了 70% 左右, 这可能是因为涂层可保持水果在较低的 O_2 浓度和较高的 CO_2 浓度环境, 降低氧化酶活性引起的。

天然植物提取物的抗菌机制主要表现为 3 个方面^[42]: 影响微生物细胞微粒结构或遗传物质, 从而阻止遗传信息的复制; 影响微生物的酶或功能蛋白, 使其不能正常进行生长繁殖; 破坏微生物的细胞壁和细胞膜系统, 使其缺少保护屏障, 细胞难以生长繁殖。天然植物提取的抑菌成分能在不同程度上提高食品(尤其是肉类)和果蔬的保鲜效果, 其中柞树叶、石榴果皮、香辛料, 如丁香、生姜等对果蔬类保鲜效果较好, 可明显延长其保质期。说明以天然植物提取物作为肉类和果蔬防腐剂是有科学依据的, 具有较高的开发利用价值。

3 结语

从目前国内外将天然植物提取物应用于食品、果蔬保鲜等领域来看, 它具有的天然抑菌性应用范围广泛, 有良好的发展前景。然而, 从抑菌成分的提取技术来看, 还存在一定缺陷, 如单一的提取技术获得的活性成分得率低、热敏性成分易被破坏、提取条件苛刻、成本高等, 因此随着研究的深入, 应综合考虑每种提取技术的优缺点, 采用 2 种及以上提取技术结合的方法, 在保证操作简单、成本低的前提下, 可提高提取效率、提取物得率, 缩短提取时间, 获得安全、无毒、性能稳定的天然植物提取物。同时, 也可考虑将单一天然植物提取物与其他天然保鲜成分复配作为抑菌剂, 发挥各自的优势, 但当前的研究在提取物复配使用和抑菌活性成分的分离、鉴定等方面的研究还不够深入, 对于每种提取物活性成分抑菌机制的研究也不够深入, 因此, 进一步分离鉴定天然植物提取物中的有效抑菌成分, 并将多种天然植物提取物复配使用是今后研究的重点。

参考文献:

- [1] 吴嘉碧, 陈丹玲, 陈倡平. 植物精油提取方法研究进

- 展综述[J]. 化工设计通讯, 2016, 42(2): 33—34.
- WU Jia-bi, CHEN Dan-ling, CHEN Lyu-ping. Essential Oil Extraction Plant Summary of Research Development[J]. Chemical Engineering Design Communications, 2016, 42(2): 33—34.
- [2] MAHMOOD R, AHMAD S, JASKANI M J. Topographicallocation of Orchards Modulates the Biochemical Composition of Essential Oils in Citrus Fruit Peel[J]. Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 2017, 54(3): 635—643.
- [3] SUN Shi-hao, CHAI Guo-bi, LI Peng, et al. Steam Distillation/drop-by-drop Extraction with Gas Chromatography-mass Spectrometry for Fast Determination of Volatile Components in Jujube (*Ziziphus Jujuba* Mill.) Extract[J]. Chemistry Central Journal, 2017, 11(1): 101.
- [4] SALHA G B, DIAZ R H, LABIDI J. Deterpenation of *Origanum Majorana* L. Essential Oil by Reduced Pressure Steam Distillation[J]. Industrial Crops and Products, 2017, 109: 116—122.
- [5] ANDRES M F, ROSSA G E, CASSEL E, et al. Biocidal Effects of *Piper Hispidinervum* (Piperaceae) Essential Oil and Synergism among Its Main Components[J]. Food and Chemical Toxicology, 2017, 109: 1086—1092.
- [6] SOLANA M, MIROFCI S, BERTUCCO A. Production of Phenolic and Glucosinolate Extracts from Rocket Salad by Supercritical Fluid Extraction: Process Design and Cost Benefits Analysis[J]. Journal of Food Engineering, 2016, 168: 35—41.
- [7] KRAUJALIENE V, PUKALSKA A, VENSKUTONIS P R. Biorefining of Goldenrod (*Solidago Virgaurea* L.) Leaves by Supercritical Fluid and Pressurized Liquid Extraction and Evaluation of Antioxidant Properties and Main Phytochemicals in the Fractions and Plant Material[J]. Journal of Functional Foods, 2017, 37: 200—208.
- [8] 田永强, 卢燕霞, 张维, 等. 牛至精油微胶囊包埋工艺及抑菌效果的测定[J]. 包装工程, 2016, 37(17): 102—107.
- TIAN Yong-qiang, LU Yan-xia, ZHANG Wei, et al. Microencapsulation of Oregano Oil and Its Antibacterial Effects[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(17): 102—107.
- [9] MOUAHID A, DUFOUR C, BADENS E. Supercritical CO₂ Extraction from Endemic Corsican Plants; Comparison of Oil Composition and Extraction Yield with Hydrodistillation Method[J]. Journal of CO₂ Utilization, 2017, 20: 263—273.
- [10] HATAMI T, JOHNER J C F, MEIRELES M A A. Investigating the Effects of Grinding Time and Grinding Load on Content of Terpenes in Extract from Fennel Obtained by Supercritical Fluid Extraction[J]. Industrial Crops and Products, 2017, 109: 85—91.
- [11] SHAHSAVARPOUR M, LASHKARBOLOOKI M, EFTEKHARI M J, et al. Extraction of Essential Oils from *Mentha Spicata* L. (Labiatae) via Optimized Supercritical Carbon Dioxide Process[J]. Journal of Supercritical Fluids, 2017, 130: 253—260.
- [12] YAN Q Q, ZHANG J L, DONG H Z, et al. Properties and Antimicrobial Activities of Starch-sodium Alginate Composite Films Incorporated with Sodium Dehydroacetate or Rosemary Extract[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2013, 127(3): 1951—1958.
- [13] OLALERE O A, ABDURAHMAN N H, ALARA O R. Extraction, Radical Scavenging Activities and Physicochemical Fingerprints of Black Pepper (*Piper Nigrum*) Extract[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2017, 11(4): 2195—2201.
- [14] ABEDI A S, RISMANCHI M, SHAHDOOSTKHANY M, et al. Microwave-assisted Extraction of *Nigella Sativa* L. Essential Oil and Evaluation of Its Antioxidant Activity[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 54(12): 3779—3790.
- [15] SAKA B, DJOUAHRI A, DJERRAD Z, et al. Chemical Variability and Biological Activities of *Brassica Rapa* var. *Rapifera* Parts Essential Oils Depending on Geographic Variation and Extraction Technique[J]. Chemistry & Biodiversity, 2017, 14(6): 452—462.
- [16] 王磊明, 李洋, 张茜, 等. 壳聚糖-肉桂精油复合膜对蓝莓保鲜效果的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(9): 14—21.
- WANG Lei-ming, LI Yang, ZHANG Qian, et al. Effects of Composite Membrane of Chitosan and Cinnamon Essential Oil on Preservation of Blueberries[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(9): 14—21.
- [17] 张倩, 辛力, 亓雪龙, 等. 肉桂精油对甜樱桃果实品质和货架期的影响[J]. 核农学报, 2015, 29(9): 1737—1742.
- ZHANG Qian, XIN Li, QI Xue-long, et al. Effect of Cassia Oil on the Shelf-life and Quality of Sweet Cherry Fruits[J]. Journal of Nuclear Agriculture Science, 2015, 29(9): 1737—1742.
- [18] 郑成, 李卫, 杨铃. 植物有效成分微波萃取的研究进展[J]. 世界科技研究与发展, 2006, 28(5): 52—61.
- ZHENG Cheng, LI Wei, YANG Ling. Progress on the Microwave Extraction of Plant Activity Compounds[J]. World Sci-tech R & D, 2006, 28(5): 52—61.
- [19] 薛婷, 陈伊铃, 黄晓燕, 等. 不同提取方法对松茸多糖抗氧化活性的影响[J]. 广东化工, 2016, 43(11): 57.
- XUE Ting, CHEN Yi-ling, HUANG Xiao-yan, et al. Influence of Different Extraction Methods on the Antiox-

- idant Activity of *Tricholoma Matsutake* Polysaccharides[J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2016, 43(11): 57.
- [20] 全沁果, 段丽萍, 何楚娴, 等. 香樟叶叶绿素的提取及对液态食品中金黄色葡萄球菌的抑制作用[J]. *浙江农业学报*, 2016, 28(12): 2109—2115.
- QUAN Qin-guo, DUAN Li-ping, HE Chu-xian, et al. Optimization of Chlorophylls Extraction from *Cinnamomum Camphora* (L.) Presl Leaf and Its Inhibitory Effect against *Staphylococcus Aureus* in Liquid Food[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2016, 28(12): 2109—2115.
- [21] 袁琼, 全沁果, 李婷, 等. 超声波辅助水提香樟叶中的抑菌成分[J]. *中国食品添加剂*, 2017(8): 102—106.
- YUAN Qiong, QUAN Qin-guo, LI Ting, et al. Study on Ultrasonic-assisted Water Extraction of Antibacterial Constituents in *Cinnamomum Camphora* (L.) Presl Leaves[J]. *China Food Additives*, 2017(8): 102—106.
- [22] 汪伦记, 贾培培, 纠敏, 等. 超声辅助乙醇回流提取冬凌草抑菌活性成分的工艺优化[J]. *食品科技*, 2016, 41(4): 213—219.
- WANG Lun-ji, JIA Pei-pei, JIU Min, et al. Extraction of Antimicrobial Active Ingredients from *Rabdosia Rubescens* by Using Ultrasound-assisted Ethanol Reflux[J]. *Food Science and Technology*, 2016, 41(4): 213—219.
- [23] 王书红, 杜慧, 张换平, 等. 天然迎春花提取液作为抑菌成分洗手液的制备[J]. *广州化工*, 2015, 43(6): 77—79.
- WANG Shu-hong, DU Hui, ZHANG Huan-ping, et al. The Preparation of Hand Sanitizer with Natural *Jasminum Nudiflorum* Extracting Solution as Antibacterial Components[J]. *Guangzhou Chemical Industry*, 2015, 43(6): 77—79.
- [24] MASKOVIC P, VELICKOVIC V, MITIC M, et al. Summer Savory Extracts Prepared by Novel Extraction Methods Resulted In Enhanced Biological Activity[J]. *Industrial Crops and Products*, 2017, 109: 875—881.
- [25] MOTTAHEDIN P, ASL A H, KHAJENOORI M. Extraction of Curcumin and Essential Oil from *Curcuma Longa* L. by Subcritical Water via Response Surface Methodology[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2017, 41(4): 95.
- [26] 郑光耀, 薄采颖, 张景利. 亚临界水萃取技术在植物提取物领域的应用研究进展[J]. *林产化学与工业*, 2010, 30(5): 108—114.
- ZHENG Guang-yao, BO Cai-ying, ZHANG Jing-li. Application of Subcritical Water Extraction in the Field of Plant Extractives[J]. *Chemistry and Industry of Forest Products*, 2010, 30(5): 108—114.
- [27] MAHMMOD A B, HAMA A A, ZAHIR H G. Physical Chemical Quality of Ram and Bull Meat as Affected by Ginger Extract[J]. *Research Opinions in Animal and Veterinary Science*, 2014, 4(10): 550—555.
- [28] 赵玉明, 田晋梅, 彭晓光. 复合香辛料精油配方优化及对冰温贮藏牛肉保鲜效果研究[J]. *食品研究与开发*, 2017, 38(12): 182—187.
- ZHAO Yu-ming, TIAN Jin-mei, PENG Xiao-guang. Formula Optimization of Complex Spice Essential Oil and Effect on the Quality of Beef under the Condition of Vacuum Packing and Ice-temperature Storage[J]. *Food Research and Development*, 2017, 38(12): 182—187.
- [29] LU Hao, SHAO Xing-feng, CAO Jin-xun, et al. Antimicrobial Activity of Eucalyptus Essential Oil against *Pseudomonas* *In vitro* and Potential Application in Refrigerated Storage of Pork Meat[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2016, 51(4): 994—1001.
- [30] ZHANG Xin-zhuang, MENG Qing-xiang, HE Li-wen, et al. Effects of Garlic Extract on Color, Lipid Oxidation and Oxidative Breakdown Products in Raw Ground Beef during Refrigerated Storage[J]. *Italian Journal of Food Science*, 2016, 28(1): 139—147.
- [31] HORITA C N, FARIAS-CAMPOMANES A M, BARBOSA T S, et al. The Antimicrobial, Antioxidant and Sensory Properties of Garlic and Its Derivatives in Brazilian Low-sodium Frankfurters along Shelf-life[J]. *Food Research International*, 2016, 84: 1—8.
- [32] ABDELDAIEM M H M, ALI H G M, RAMADAN M F. Impact of Different Essential Oils on the Characteristics of Refrigerated Carp (*Cyprinus Carpio*) Fish Fingers[J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2017, 11(3): 1412—1420.
- [33] SIVARAJAN M, LALITHAPRIYA U, MARIAJENITA P, et al. Synergistic Effect of Spice Extracts and Modified Atmospheric Packaging towards Non-thermal Preservation of Chicken Meat under Refrigerated Storage[J]. *Poultry Science*, 2017, 96(8): 2839—2844.
- [34] ALSAGGAF M S, MOUSSA S H, ELGUINDY N M, et al. Fungal Chitosan and Lycium Barbarum Extract as Anti-listeria and Quality Preservatives in Minced Catfish[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, 104: 854—861.
- [35] 王林美, 岳冬梅, 夏兴宏, 等. 柞树叶提取液的体外抑菌活性试验[J]. *蚕业科学*, 2016, 42(2): 331—335.
- WANG Lin-mei, YUE Dong-mei, XIA Xing-hong, et al. In Vitro Bacteriostatic Test of *Quercus Mongolica* Fisch Leaf Extract[J]. *Science of Sericulture*, 2016, 42(2): 331—335.
- [36] 陆漓, 刘鸿, 梁俊, 等. 丁香精油等改性 PE 膜及其

- 对抑菌保鲜性能的影响[J]. 包装工程, 2017, 38(9): 31—35.
- LU Li, LIU Hong, LIANG Jun, et al. PE Film Modified by Clove Essential Oil and Its Effects on Antibacterial and Preservation Performances[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(9): 31—35.
- [37] 曾丽华, 王晋, 陈文学. 香辛料在果蔬保鲜中的应用及研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(3): 735—740.
- ZENG Li-hua, WANG Jin, CHEN Wen-xue. The Application and Research Progress of Spices in Fruits and Vegetables Preservation[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2015, 6(3): 735—740.
- [38] 何靖柳, 刘继, 秦文. 植物精油在红阳猕猴桃贮藏保鲜中的研究现状及展望[J]. 食品工业科技, 2013, 34(20): 390—395.
- HE Jing-liu, LIU Ji, QIN Wen. Research Progress in Plant Essential Oil-a Promising Preservative Used in 'Red Sun' Kiwifruit Storage[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(20): 390—395.
- [39] 陈豫, 胡伟, 王宇, 等. 生姜、大蒜提取液和海藻酸钠复合处理对茵红李的保鲜效果[J]. 河南农业科学, 2017, 46(9): 104—109.
- CHEN Yu, HU Wei, WANG Yu, et al. Effect of Composite Application of Sodium Alginate and Extraction from Ginger and Garlic on Preservation of Yinhong Plum[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2017, 46(9): 104—109.
- [40] NAIR M S, SAXENA A, KAUR C. Effect of Chitosan and Alginate Based Coatings Enriched with Pomegranate Peel Extract to Extend the Postharvest Quality of Guava (*Psidium Guajava* L.)[J]. Food Chemistry, 2017, 240: 245—252.
- [41] TESFAY S Z, MAGWAZA L S, MBILI N, et al. Carboxyl Methylcellulose (CMC) Containing Moringa Plant Extracts as New Postharvest Organic Edible Coating for Avocado (*Persea Americana* Mill.) Fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2017, 226: 201—207.
- [42] GOULD G W. New Methods of Food Preservation[M]. New York: Anaspen Publication, 1999.