

玫瑰花瓣中精油提取工艺的研究进展及应用

金元波, 张木子, 徐 静*

辽宁科技大学化学工程学院, 辽宁 鞍山

收稿日期: 2026年6月1日; 录用日期: 2026年6月28日; 发布日期: 2026年7月13日

摘 要

玫瑰精油是玫瑰花瓣中一类重要的天然挥发性成分, 具有抗氧化、美白、抑菌及舒缓情绪等多种生理活性, 在食品、化妆品及医药等领域应用广泛。系统阐述了玫瑰精油的主要提取工艺, 包括水蒸气蒸馏法、有机溶剂萃取法、超临界二氧化碳萃取法, 以及超声辅助、微波辅助、高压脉冲电场辅助等联用技术, 分析了不同方法的提取原理, 并探讨了不同工艺参数对精油得率和品质的影响, 为玫瑰精油提取工艺的优化选择与产业化应用提供理论参考。

关键词

玫瑰精油, 提取工艺, 水蒸气蒸馏法, 超临界萃取法

Research Progress on Extraction Technology of Essential Oil from Rose Petals and Applications

Yuanbo Jin, Muzi Zhang, Jing Xu*

Institute of Chemical Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan Liaoning

Received: June 1, 2026; accepted: June 28, 2026; published: July 13, 2026

Abstract

Rose essential oil is an important class of natural volatile components derived from rose petals, exhibiting various physiological activities such as antioxidant, whitening, antibacterial, and mood-relieving effects. Consequently, it has been widely applied in the food, cosmetic, and pharmaceutical industries. This review systematically elaborates on the main extraction techniques of rose essential oil, including steam distillation, organic solvent extraction, supercritical carbon dioxide extrac-

*通讯作者。

文章引用: 金元波, 张木子, 徐静. 玫瑰花瓣中精油提取工艺的研究进展及应用[J]. 食品与营养科学, 2026, 15(4): 411-418. DOI: 10.12677/hjfn.2026.154045

tion, as well as combined/hybrid techniques such as ultrasound-assisted, microwave-assisted, and high-voltage pulsed electric field-assisted methods. The extraction principles of different methods are analyzed, and the effects of various process parameters on the yield and quality of the essential oil are discussed. This review aims to provide a theoretical reference for the optimized selection of rose essential oil extraction processes and their industrial applications.

Keywords

Rose Essential Oil, Extraction, Steam Distillation, Supercritical Extraction

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

玫瑰隶属于蔷薇科蔷薇属，是一类直立落叶灌木的统称，常被称为刺玫、徘徊花或赤蔷薇。作为药食同源的经典植物，玫瑰在传统中医药中应用历史悠久，其核心功效为和血行血、理气解郁，可用于调理风痹、肝胃气滞疼痛、胸腹胀满及女性月经不调等症[1]-[3]。玫瑰花瓣不仅可用于制作饼干、玫瑰酒、玫瑰糖浆等食品，干制后亦可冲泡为花茶，还具有较高的观赏价值。玫瑰精油是以玫瑰花瓣为原料经提取得到的天然挥发性混合物，是精油家族中的名贵品种，素有“液体黄金”之称，富含苯乙醇、黄酮类等水溶性活性成分，具有保湿、舒缓等护肤功效。玫瑰精油及其相关产品在食品、化妆品、医药及芳香疗法等领域应用广泛，其抗氧化、美白、抑菌、舒缓情绪等生理活性已得到大量研究证实。

目前，玫瑰精油的提取方法主要包括水蒸气蒸馏法、有机溶剂萃取法、超临界 CO₂ 萃取法，以及超声辅助、微波辅助、高压脉冲电场辅助等联用技术。然而，不同提取方法的原理、工艺参数、产物品质及工业化适用性差异显著，实际生产中需根据原料特性与目标产物要求进行合理选择[4][5]。因此，本文系统综述了玫瑰精油的主要提取工艺，并对各方法的优缺点及综合效益进行比较分析，以期对玫瑰精油提取技术的合理选择与工艺改进提供参考。

2. 玫瑰精油提取工艺研究进展

2.1. 水蒸气蒸馏法

水蒸气蒸馏法是提取玫瑰精油的经典工艺，其基本原理是利用高温水蒸气将玫瑰花中的挥发性芳香成分携带出来，经冷凝后形成油水混合物，再依据密度差异与互不相溶的特性进行静置分层，获得粗精油，随后经除杂、精制得到纯净玫瑰精油。该方法因设备简单、成本较低、操作便捷，在工业生产中得到广泛应用。然而，不同研究报道的精油得率存在显著差异，这与原料品种、原料前处理方式、蒸馏装置及工艺参数密切相关。

杨青等[6]采用常规水蒸气蒸馏法提取大马士革玫瑰精油，在投料量 200 kg、料液比 1:4、回流时间 2 h、提取时间 4 h 的条件下，精油得率达到 0.319%。张媛媛[7]使用改良蒸馏装置提取山东丰花玫瑰精油，在料液比 1:3、添加 4% NaCl、蒸馏时间 2.5 h 的条件下，得率仅为 0.041%。两者得率相差近 8 倍，其原因可能包括：第一，玫瑰品种不同，大马士革玫瑰的芳香成分含量通常高于丰花玫瑰；第二，原料前处理方式不同，盐处理的玫瑰花细胞结构可能被破坏，有利于精油释放；第三，蒸馏装置差异，改良装置虽能缩短时间并改善色泽，但可能未显著提升得率；第四，提取时间的长短。为进一步提高玫瑰精油的

产率,研究者引入超声辅助技术。安比芳等[8]采用超声辅助水蒸气蒸馏法提取新疆大马士革鲜玫瑰精油,在料液比 1:4、超声时间 25 min、超声功率 200 W、蒸馏时间 4 h 的条件下,得率达到 0.0802%,较未超声组(0.0610%)提高约 31%。超声的空化效应和机械效应可破碎细胞壁,促进挥发性成分溶出。值得注意的是,付晓等[9]在提取硬尖神香草精油时,采用超声辅助水蒸气蒸馏法,在料液比 1:6、超声时间 30 min、提取时间 3 h 的条件下,得率为 1.37%,较常规水蒸气蒸馏法(1.12%)提高 22.32%。虽然硬尖神香草与玫瑰属于不同植物,但超声辅助对其得率的提升效果与玫瑰精油相似,表明该技术具有普适性。

综上所述,水蒸气蒸馏法的局限性在于蒸馏温度接近 100℃,低沸点芳香成分易挥发损失,导致提取效率偏低。超声辅助水蒸气蒸馏法能有效缓解这一问题,在保持操作简便的基础上提高得率。但不同原料的最优工艺参数存在差异,实际应用中需根据玫瑰品种、产地、新鲜程度等因素进行优化。

2.2. 有机溶剂萃取法

有机溶剂萃取法提取玫瑰精油的核心原理是基于精油成分的脂溶性特征,利用“相似相溶”原则,选用极性匹配的有机溶剂将玫瑰花瓣中的芳香物质与活性成分溶解出来,再通过减压蒸馏等方式去除溶剂,获得精油。该方法操作灵活、提取效率较高,尤其适合处理玫瑰花渣等副产物,有助于提高资源利用率。

郭畅畅等[10]以石油醚为萃取剂,从玫瑰花渣中提取玫瑰精油,在料液比 1:3、回流时间 4 h、蒸馏温度 80℃的优化条件下,精油提取率达到 0.5714%。相比之下,杨云云等[11]采用超声辅助有机溶剂法提取杨梅核仁油,在料液比 1:12、超声时间 30 min 的条件下,油脂得率高达 58.75%。两者得率差异悬殊,主要原因在于原料类型不同:玫瑰花渣中精油含量通常较低(约 0.3%~0.6%),而杨梅核仁的含油率可达 40%以上。此外,超声辅助的空化效应能有效破坏植物细胞壁,显著提高溶剂对胞内油脂的浸出效率,这也是杨梅核仁油得率远高于玫瑰精油的重要原因。基于以上技术,马金璞等[12]将超声与微波技术协同应用于玫瑰精油提取,在料液比 1:16、氯化钠质量浓度 4.1 g/L、超声功率 50 W、微波功率 349 W、预处理时间 127 s 的条件下,玫瑰精油提取率达到 1.274%。龙晓燕等[13]采用相似的超声-微波协同萃取法提取柠条花多酚,在乙醇浓度 35%、液料比 31:1 (mL/g)、提取时间 22 min、微波功率 417 W 的条件下,多酚得率为 4.89%。上述研究均表明,超声-微波协同技术通过超声的空化效应和微波的热效应双重作用,能够快速破碎细胞结构,加速目标成分溶出,从而显著提高得率。

综上所述,超声-微波协同萃取法具有高提取率和绿色安全特性,是当前玫瑰精油有机溶剂萃取领域的最优方法。以乙醇为萃取溶剂,毒性低、易回收,无有机溶剂残留风险,完全符合食品、化妆品、医药领域的安全要求,解决了传统溶剂法的残留与环保痛点。因此,要进一步优化超声-微波协同萃取的工艺参数,开发适配不同玫瑰品种、不同原料(鲜花、花渣)的通用化工艺,降低设备依赖性,提升工艺通用性。建立玫瑰精油有机溶剂萃取的标准化工艺与质量评价体系,明确不同萃取方法的精油成分、活性、安全性标准,为行业规范化生产提供依据。

2.3. 超临界二氧化碳萃取法

超临界流体萃取技术是近年来发展迅速的一种新型分离技术。由于 CO₂ 的临界温度较低(31.1℃)、无色无味、无毒、不易燃烧、价格低廉且具有较好的溶剂特性,CO₂ 成为首选的超临界流体[14]。超临界 CO₂ 流体萃取(Supercritical Carbon Dioxide Extraction, SCE)通过调节压力和温度,改变 CO₂ 的溶解能力,从而实现目标成分的选择性提取。该方法已在植物油、香辛料、天然药物等领域的活性成分提取中得到广泛应用。

郭永来等[15]采用超临界 CO₂ 萃取法提取平阴丰花玫瑰鲜花中的玫瑰浸膏,在萃取温度 40℃、压力

15 MPa、CO₂ 流量 40 L/h 的条件下, 浸膏得率为 0.2%。许雯雯等[16]应用该技术提取婺源绿茶中的咖啡因, 在温度 55℃、压力 30 MPa、乙醇夹带剂作用下, 咖啡因脱除率达到 91.2%。李梅琴等[17]提取香青兰挥发油, 在温度 42℃、压力 30 MPa、萃取时间仅 90 min 的条件下, 得率为 1.04%。方向等[18]以平阴重瓣玫瑰干花为原料, 在温度 65℃、压力 20 MPa、CO₂ 循环流量 25 L/h、原料粒径 250 μm 的最佳条件下, 玫瑰精油的得率高达 5.2257%。上述研究中得率差异悬殊, 主要原因包括原料形态不同(鲜花、干花、茶叶、草本植物)、目标产物类型不同(浸膏、咖啡因、挥发油、精油)以及操作参数(温度、压力、夹带剂、原料粒径)的显著差异。一方面是因为前者使用干花原料, 水分含量低, 油脂类成分相对浓度更高; 另一方面, 前者对原料进行了粉碎处理(粒径 250 μm), 大幅增加了比表面积, 有利于溶质溶出。此外, 在萃取釜内布置气体分布器, 有效避免了 CO₂ 流体的“沟流”现象, 进一步提高了传质效率。李娜[19]的研究结果表明超临界 CO₂ 可在常温下溶解芳香物质, 再通过减压升温实现精油与 CO₂ 的分离, 避免了热敏性成分的降解。

综上所述超临界 CO₂ 萃取技术无需添加有机溶剂, 产品中无溶剂残留, 且能有效避免重金属及水溶性杂质的共萃风险, 所得精油香气纯正、品质优良。然而, 该工艺目前多为间歇操作, 萃取釜内固体物料装填与卸出较为繁琐, 难以实现连续化生产, 设备投资和运行成本也较高[20], 未来研究可聚焦于开发连续式超临界萃取装置、优化夹带剂体系以提高极性成分的提取效率, 并进一步降低能耗, 推动该技术在玫瑰精油工业化生产中的广泛应用。

2.4. 其他联用技术

高压脉冲电场(Pulsed Electric Fields, PEF)是一种非热物理场处理技术, 其作用机理是在极短时间内施加高压脉冲, 使玫瑰花瓣细胞膜发生电穿孔, 形成瞬时可逆或不可逆的微孔, 从而显著增强细胞膜的通透性, 促进细胞内精油成分的释放。Zhou 等[21]将 PEF 与纤维素酶预处理联用, 再进行水蒸气蒸馏提取玫瑰精油, 在电场强度 21 kV/cm、脉冲数 10 个、蒸馏时间 1.7 h 的最优条件下, 精油得率较传统水蒸气蒸馏提高了 43.83%, 较单纯酶辅助水蒸气蒸馏也提高了 20.48%, 同时总提取时间分别缩短了 25%和 40%。这一结果表明, PEF 的细胞破壁效应与酶解作用具有协同性, 能够在不升高温度的前提下显著提升提取效率。PEF 处理可使新鲜大马士革玫瑰精油的得率提升, 并使精油中萜醇与碳氢化合物的比例大幅增加, 说明 PEF 不仅能提高得率, 还会改变精油的化学成分谱, 对特定高价值香气成分具有富集作用。

超声波辅助提取(Ultrasound-Assisted Extraction, UAE)与水蒸气蒸馏联用, 是另一种成熟且应用广泛的物理场强化技术。超声波的机械振动和空化效应能够产生强烈的剪切力, 有效破碎植物细胞壁, 加速细胞内精油成分向提取介质的扩散和溶解[22]。相较于传统水蒸气蒸馏(HD), UAE-HD 联用可在更短的时期内获得更高的精油得率, 这是因为超声波的空化泡在破裂时产生局部高温高压, 使细胞壁结构变得疏松甚至破裂, 从而缩短了精油从细胞内部向蒸汽相转移的时间。UAE-HD 不仅提高了提取效率, 还能更好地保留热敏性成分, 因为在超声辅助下, 可以在较低温度或较短时期内完成提取, 减少了长时间加热带来的热降解损失。该技术设备成熟、操作简便, 已在大马士革玫瑰、苦水玫瑰等多种原料的提取中得到验证, 是目前工业化应用潜力较大的联用方法之一。

无溶剂微波辅助提取(Solvent-Free Microwave-Assisted Extraction, SFME)和欧姆辅助水蒸气蒸馏(Ohmic-Assisted Hydrodistillation, OAHD)则是近年来发展起来的绿色提取技术。Manouchehri 等[23]以新鲜大马士革玫瑰为原料, 比较了 SFME、OAHD 与 HD 三种方法的提取性能。结果显示, SFME、OAHD 和 HD 达到设定提取温度并出现第一滴冷凝液所需的时间分别为 2.50 min、17.33 min 和 42.66 min, SFME 和 OAHD 的加热时间大幅缩短, 节能优势十分明显。微波加热属于体积加热, 能量直接作用于物料内部, 避免了热传导滞后; 欧姆加热则利用物料自身的电阻产热, 同样具有加热均匀、能量利用率高的特点。

在精油化学组成方面，SFME 和 OAHD 所得精油的成分种类与传统 HD 基本相同，但部分成分的相对含量存在显著差异，表明提取方法对精油品质具有实质性影响。不过，SFME 对微波功率的控制要求较高，功率过大易导致局部过热破坏精油成分；OAHD 则要求原料具有一定的导电性，水分含量和离子强度对加热效果影响较大，适用范围相对受限。综合来看，PEF、UAE、SFME 等物理场辅助技术与水蒸气蒸馏的联用，代表了精油提取工艺向高效、节能、绿色方向发展的趋势，未来可根据原料特性和生产规模灵活选择或组合使用。

玫瑰精油不同提取方法综合对比，如表 1 所示。

Table 1. Comprehensive comparison of different extraction methods for rose essential oil
表 1. 不同玫瑰精油提取方法的综合性对比

提取方法	技术原理	关键工艺参数	产物得率与品质	能耗与成本	环境影响	工业化前景
水蒸气蒸馏法	利用精油不溶于水且随水蒸气共沸蒸出的性质，经冷凝、油水分离得精油。	料液比 1:4~1:6，提取时间 2~4 h，常添加 NaCl (~4%)。	得率低，香气接近天然，但热敏性成分(如苯乙醇)易损失，品质一般。	能耗中等，设备简单，投资低，操作成本低。	无有机溶剂，废水含花渣，需处理但污染小。	技术成熟，工业化应用最广泛，适合大规模生产。
有机溶剂萃取法	利用“相似相溶”原理，有机溶剂溶解精油成分，再减压蒸馏回收溶剂。	料液比 1:3~1:12，回流时间 1~4 h，温度 50℃~80℃，溶剂为石油醚或正己烷。	得率较高，但溶剂残留风险影响香气纯度，品质中等。	能耗较低，溶剂回收增加成本，但设备简单。	有机溶剂挥发和残留，需严格回收，环境负荷较大。	受溶剂残留限制，仅用于浸膏生产，食品/化妆品级受限。
超临界 CO ₂ 萃取法	利用 CO ₂ 在超临界状态下的高溶解能力和可调选择性，通过降压升温分离精油。	压力 15~35 MPa，温度 35℃~65℃，CO ₂ 流量 25~40 L/h，时间 1~4 h。	得率高，品质优，无溶剂残留，香气纯正，保留热敏成分。	能耗高，设备投资大，运行成本高，但 CO ₂ 可循环利用。	绿色环保，无有毒溶剂，CO ₂ 无毒不燃，环境友好。	适用于高附加值产品，设备国产化后成本降低，前景良好。
超声辅助提取法	利用超声波的空化效应和机械效应破坏细胞壁，加速精油释放，再结合水蒸气蒸馏。	超声功率 200~220 W，时间 25~30 min，料液比 1:4，蒸馏时间 4 h。	得率较传统提高 20%~30%，品质较好，保留热敏成分。	能耗中等偏高，设备增加但可接受。	无额外污染，仅增加超声能耗，环境友好。	易与现有蒸馏设备集成，适合升级改造。
微波辅助提取法	利用微波的极化作用和热效应，使细胞内部快速升温破裂，精油迅速释放，结合无溶剂微波提取或水蒸气蒸馏。	微波功率 300~400 W，时间 2~4 min，料液比 1:16，NaCl 4 g/L。	得率高，提取速度快，但局部过热可能改变成分谱，品质需控制。	能耗较低，时间极短，节能显著。	无溶剂或少量水，绿色节能。	设备要求高，放大效应需研究，适合小规模高品质生产。
高压脉冲电场辅助法	利用高压脉冲电场使细胞膜电穿孔，通透性增加，协同酶解与水蒸气蒸馏提取。	电场强度 20~21 kV/cm，脉冲数 10 个，蒸馏时间 1.7 h，协同酶法。	得率较传统提高 40%以上，且选择性富集特定香气成分(萜醇/萜烯比大幅提升)，品质优。	能耗中等，设备投资较高，但处理时间短。	非热加工，无化学试剂，环境友好。	新兴技术，需专用设备，适宜高端产品开发。

3. 玫瑰精油的功效和玫瑰产品的应用

玫瑰精油的功效研究主要集中在抗氧化、美白和抑菌三个方面。在抗氧化方面，苦水玫瑰等品种的

提取物可通过 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基清除试验和 2,2'-联氮-双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)(ABTS)自由基清除试验进行评价,结果表明其对羟自由基、DPPH 自由基和超氧阴离子自由基均具有良好的清除能力。李秀慧等[24]采用 DPPH 自由基清除法评价平阴玫瑰精油的抗氧化活性,发现其能够显著减少黑色素合成,提示该精油可作为兼具抗氧化与美白功效的化妆品原料。曹阳[25]进一步证实,玫瑰精油对酪氨酸酶活性具有显著的抑制作用,而酪氨酸酶是黑色素合成过程中的关键限速酶,因此玫瑰精油能够有效对抗皮肤氧化、清除体内有害自由基,从而发挥美白作用。此外,Algin 等[26]设计了一种含有 20%绿茶提取物和 5%玫瑰油的乳凝胶制剂,体内试验表明,该制剂能够显著改善皮肤的屏障功能和含水量,具有良好的保湿、保护和抗衰老效果。

玫瑰精油的抑菌作用是当前研究的另一热点。多项研究证实,玫瑰精油对多种食源性致病菌和腐败菌均表现出良好的抑制效果。薛长美[27]以长白山玫瑰精油为研究对象,测定了其对三种常见食源性致病菌的最低抑菌浓度(MIC),结果显示对大肠杆菌和沙门氏菌的 MIC 均为 1.25 mg/mL,对金黄色葡萄球菌的 MIC 为 2.5 mg/mL;当精油浓度达到 4 mg/mL 时,对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌率均可超过 90%。尹景诗[28]则从仿生材料的角度开展了探索性研究,以草莓、玫瑰、海棠、月季四种蔷薇科植物花被为生物模板,采用二步转写法构建了聚二甲基硅氧烷(PDMS)仿生高分子薄膜。结果表明,该仿生膜表面具有多级微观结构,对大肠杆菌和枯草芽孢杆菌均表现出明显的抑制作用,为玫瑰精油活性成分的固定化应用提供了新思路。

玫瑰花水是水蒸气蒸馏法提取玫瑰精油后得到的副产物,又称玫瑰纯露。玫瑰花水中富含苯乙醇、黄酮类、矿物质等多种水溶性活性成分,具有补水保湿、调节水油平衡、降低肌肤敏感度等功效。高敏等[29]采用皮肤水分含量(MMV)和经表皮水分散失(TEWL)两种保湿功效评价方法,系统考察了玫瑰花水的保湿性能。结果表明,含 2%玫瑰花水的保湿精华水能够显著提升皮肤角质层含水量,并降低经表皮水分流失率,证实玫瑰花水具有良好的保湿性能,在护肤品开发中具有很高的应用价值。

我国自古便有食用玫瑰的传统。目前,市场上以玫瑰为原料的食品已十分丰富,包括玫瑰鲜花饼、玫瑰月饼、玫瑰花酱、玫瑰酒、玫瑰阿胶等多种产品。在日化领域,玫瑰精油、玫瑰香水、玫瑰乳液、玫瑰化妆水、玫瑰香皂、玫瑰沐浴露等产品已形成完整的系列。此外,从玫瑰精油加工废水中提取的玫瑰色素富含花色苷和黄酮类物质,可直接用作天然食品添加剂,既能解决废水处理问题,又能产生附加经济效益。玫瑰果实含有丰富的维生素 C、氨基酸和矿物质,具有降血压、清除活性氧、抗炎等多种功能。玫瑰叶和玫瑰根同样具有开发利用价值:玫瑰叶饮料富含多酚和维生素 C,表现出较强的抗氧化活性;玫瑰根提取物则具有抗炎、抗衰老、增强免疫的作用。综上所述,玫瑰精油兼具抗氧化、美白与抑菌三重功效,能够清除自由基、抑制酪氨酸酶活性,并对多种致病菌产生抑制作用。玫瑰花水具有保湿舒缓的功效。玫瑰在食品、日化、色素提取以及根叶综合利用等方面应用广泛,资源开发潜力巨大。

4. 结论

玫瑰精油是一种成分复杂的天然挥发性混合物,其独特的香气特征与舒缓功效使其在食品、化妆品及医药健康领域具有较高的应用价值。在食品工业中,玫瑰精油可作为天然风味改良剂,提升产品感官品质;在护肤品领域,玫瑰精油展现出抗氧化、美白、保湿等多重护肤功效;在身心健康方面,其芳香成分还具有调节情绪、缓解焦虑的作用。

目前,玫瑰精油的提取方法已形成较为成熟的技术体系。传统方法中,水蒸气蒸馏法操作简便、成本较低,但得率有限且高温可能造成热敏性成分损失;有机溶剂萃取法得率较高,但存在溶剂残留风险;超临界 CO₂ 萃取法绿色环保、无溶剂残留,所得精油品质优良,但设备投资与运行成本较高。为进一步提升提取效率,超声辅助、微波辅助、高压脉冲电场等联用技术被相继引入,可在不同程度上缩短提取

时间、提高得率，并调控精油的化学成分谱。在实际生产应用中，应根据原料特性、目标产物品质要求及经济成本等因素，选择最适宜的提取工艺。

随着科学技术的不断进步，更多高效、绿色、集成化的提取技术有望被开发并投入应用。未来，玫瑰精油的提取效率与产品品质将得到进一步提升，从而为其在食品、化妆品及医药等领域的深度产业化应用提供更加坚实的技术支撑。

基金项目

2026 年辽宁省大学生创新创业训练计划项目。

参考文献

- [1] 张婷阳, 张伶, 蒋雨秦, 等. 玫瑰花渣多糖提取工艺优化及体外抗氧化活性分析[J]. 食品工业科技, 2025, 46(2): 192-199.
- [2] Katekar, V.P., Rao, A.B. and Sardeshpande, V.R. (2022) Review of the Rose Essential Oil Extraction by Hydrodistillation: An Investigation for the Optimum Operating Condition for Maximum Yield. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, **29**, Article ID: 100783. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100783>
- [3] Tomar, R., Kundra, P., Sharma, J., Mohajer, F., Ziarani, G.M. and Yadav, S. (2024) An Overview: Synthesis of Menthol Using Heterogeneous Catalysis. *Letters in Organic Chemistry*, **21**, 16-28. <https://doi.org/10.2174/1570178620666230623114308>
- [4] Nandoskar, S.D., Rana, S. and Singh, S.K. (2026) Polyunsaturated Fatty Acids in Biotechnology and Health: Sources, Synthesis, Applications, and Market Trends. *Archives of Microbiology*, **208**, Article No. 142. <https://doi.org/10.1007/s00203-025-04708-2>
- [5] Zhao, X., Jiang, Y., Qiao, M., Lin, F. and Miao, B. (2025) Recent Advances in Bioactive Compounds, Health Functions, and Utilization of Rose (*Rosa* spp.). *Molecules*, **30**, Article 3869. <https://doi.org/10.3390/molecules30193869>
- [6] 杨青, 刘兴乐, 李莉云, 等. 大马士革玫瑰精油提取工艺研究[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(24): 148-150.
- [7] 张媛媛. 水蒸气蒸馏提取玫瑰精油的工艺研究[J]. 吉林农业, 2016(20): 119.
- [8] 安比芳, 陈创业, 乔桂芳, 等. 响应面法优化超声辅助水蒸气蒸馏法提取玫瑰精油的工艺研究[J]. 中国调味品, 2024, 49(3): 118-124.
- [9] 付晓, 王莹, 兰卫. 超声辅助水蒸气蒸馏提取硬尖神香草精油的工艺优化[J]. 化学与生物工程, 2022, 39(2): 19-22.
- [10] 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, 1937.
- [11] 杨云云, 谢丹, 罗静茹, 等. 杨梅核仁油的提取、营养价值及其加工副产物利用进展[J]. 中国油脂, 2025, 50(2): 29-33.
- [12] 马金璞, 施生玲, 张钰璇, 等. 超声微波协同萃取法提取兰州苦水玫瑰精油及抑菌活性的研究[J]. 中国粮油学报, 2023, 38(12): 151-157.
- [13] 龙晓燕, 雷炜, 张普香, 等. Box-Behnken 优化超声微波协同萃取柠条花多酚提取工艺及体外抗氧化能力研究[J]. 西部林业科学, 2020, 49(5): 96-103.
- [14] Oliveira, E.L.G., Silvestre, A.J.D. and Silva, C.M. (2011) Review of Kinetic Models for Supercritical Fluid Extraction. *Chemical Engineering Research and Design*, **89**, 1104-1117. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2010.10.025>
- [15] 郭永来, 张静菊, 刘泗明. 超临界二氧化碳萃取玫瑰浸膏的研究[J]. 香料香精化妆品, 2018(1): 17-19.
- [16] 许雯雯, 戚琳悦, 许辉良, 等. 超临界二氧化碳萃取法脱除绿茶中咖啡因工艺优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(16): 297-303.
- [17] 李梅琴, 殷思萌, 于丹瑾, 等. 超临界二氧化碳萃取法提取香青兰挥发油及其抗氧化活性研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(3): 111-118.
- [18] 方向, 朱跃钊, 凌祥, 等. 玫瑰精油超临界二氧化碳萃取的试验研究[J]. 林产化学与工业, 2010, 30(3): 83-87.
- [19] 李娜. 玫瑰精油的提取方法及新方法的应用[J]. 现代农业科技, 2016(12): 291-292.
- [20] 安比芳, 陈创业, 乔桂芳, 等. 玫瑰精油的提取及应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2024, 52(10): 6-10.

-
- [21] Zhang, Y.J., Xue, C.M., Zhang, S.S., *et al.* (2017) Effects of High Intensity Pulsed Electric Fields on Yield and Chemical Composition of Rose Essential Oil. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, **10**, 295-301.
- [22] He, A. and Putra, N.R. (2024) Rose Essential Oils: Current Trends, Mapping of Extraction Techniques, Chemical Analysis, Therapeutic Applications, and By-product Valorization. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, **103**, 3332-3357. <https://doi.org/10.1002/cjce.25554>
- [23] Manouchehri, R., Saharkhiz, M.J., Karami, A. and Niakousari, M. (2018) Extraction of Essential Oils from Damask Rose Using Green and Conventional Techniques: Microwave and Ohmic Assisted Hydrodistillation versus Hydrodistillation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, **8**, 76-81. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2018.03.002>
- [24] 李秀慧, 于海英, 李志刚, 等. 平阴玫瑰精油抗氧化及美白功效评价[J]. 香料香精化妆品, 2025(2): 5-9.
- [25] 曹阳. 三种玫瑰提取物的体外美白功效评价[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海应用技术大学, 2018.
- [26] Yapar, E.A., Ýnal, Ö. and Erdal, M.S. (2013) Design and *in Vivo* Evaluation of Emulgel Formulations Including Green Tea Extract and Rose Oil. *Acta Pharmaceutica*, **63**, 531-544. <https://doi.org/10.2478/acph-2013-0037>
- [27] 薛长美. 高压脉冲电场高效提取玫瑰精油及其抑菌特性研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2018.
- [28] 尹景诗. 四种蔷薇科植物花被表面的特殊浸润性及仿生膜的抑菌性研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 长春师范大学, 2019.
- [29] 高敏, 刘海军, 肖水财, 等. 玫瑰花水的制备及其保湿性能的研究[J]. 广东化工, 2022, 49(20): 69-70, 32.