·综述·

中药挥发油微乳凝胶剂的研究进展Δ

刘　慧[1*]，殷　佳[2]，王静宜[1]，刘超越[3]，王　信[4]，李静蔚[5]，傅春升[5#]（1.山东中医药大学药学院，济南　250355；2.山东中医药大学附属医院甲状腺乳腺外科，济南　250011；3.潍坊医学院麻醉学院，山东 潍坊　261053；4.山东中医药大学附属医院药学部，济南　250011；5.山东中医药大学附属医院科技处，济南　250011）

中图分类号　R944；R28　　**文献标志码**　A　　**文章编号**　1001-0408（2022）22-2812-05
DOI　10.6039/j.issn.1001-0408.2022.22.25

摘　要　中药挥发油微乳凝胶剂具备微乳和凝胶的双重特点，可提高药物的溶解度和稳定性，促进药物吸收并达到长效缓释的效果，近年来在内科、妇科、儿科等临床疾病中的应用日趋广泛。本文通过检索相关文献，对中药挥发油微乳凝胶剂的特点、处方设计、成型工艺、质量评价进行综述。结果发现，中药挥发油微乳凝胶剂具有提高药物稳定性、增加药物经皮渗透、黏附性强、易洗除、制备方便等特点。处方设计由油相、表面活性剂、助表面活性剂、凝胶基质组成。成型工艺包含微乳的成型工艺和凝胶的成型工艺，其中微乳的形成主要利用伪三元相图法。质量评价分为中药挥发油和微乳凝胶两部分，挥发油的质量评价可从定性及定量两个方面进行研究，微乳凝胶需满足相关规定并进行体外释放和透皮吸收实验。

关键词　中药挥发油；微乳凝胶；处方设计；成型工艺；质量评价

Research progress in volatile oil microemulsion gel of traditional Chinese medicine

LIU Hui[1], YIN Jia[2], WANG Jingyi[1], LIU Chaoyue[3], WANG Xin[4], LI Jingwei[5], FU Chunsheng[5]（1. School of Pharmacy, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; 2. Dept. of Thyroid and Breast Surgery, the Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250011, China; 3. School of Anesthesiology, Weifang Medical University, Shandong Weifang 261053, China; 4. Dept. of Pharmacy, the Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250011, China; 5. Dept. of Science and Technology, the Affiliated Hospital of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250011, China）

ABSTRACT　Volatile oil microemulsion gel of traditional Chinese medicine has the dual characteristics of microemulsion and gel, which can improve the solubility and stability of drugs, promote drug absorption and achieve long-term sustained release effect. In recent years, it has been widely used in clinical diseases such as internal medicine, gynecology and pediatrics. In this paper, the characteristics, prescription design, molding process and quality evaluation of volatile oil microemulsion gel of traditional Chinese medicine were reviewed by searching relevant literature. The results showed that the volatile oil microemulsion gel had the characteristics of improving the stability of the drug, increasing the transdermal penetration of the drug, strong adhesion, easy to wash, convenient preparation, etc. The prescription design consists of oil phase, surfactant, cosurfactant and gel matrix. The molding process includes the molding process of microemulsion and the molding process of gel, and the formation of microemulsion mainly uses the pseudo-ternary phase diagram method. The quality evaluation can be divided into 2 parts: volatile oil of traditional Chinese medicine and microemulsion gel. The quality evaluation of volatile oil can be studied qualitatively and quantitatively. Microemulsion gel should meet the relevant requirements and be tested for *in vitro* release and transdermal absorption.

KEYWORDS　volatile oil of traditional Chinese medicine; microemulsion gel; formulation design; molding process; quality evaluation

Δ基金项目　国家自然科学基金资助项目（No.82104506）；济南市科技计划（后补助）项目（No.202134004）

＊第一作者　硕士研究生。研究方向：中药新制剂、新工艺。E-mail：2420978310@qq.com

#通信作者　主任药师，硕士。研究方向：中药新制剂、新工艺。E-mail：yfuchunsheng@163.com

中药挥发油，也称中药精油或芳香油，是指从植物的花、叶、种子、芽、树皮、根茎、果皮中提取的具有挥发性的油状液体。中药挥发油由多种挥发性成分组成，包括醇类、酮类、萜类、酯类、醛类和醚类，大多数具有抗菌、消炎、止痛、抗病毒、抗肿瘤、调节情绪等作用，广泛应用于制药工业、化妆品工业、食品工业等[1-4]。中药挥发油的理化性质极其不稳定，在常温环境中存放过久易挥发、氧化，且水溶性较差[5]，因此，制备质量稳定的中药挥发油制剂是该领域研究的重点。挥发油作为中药的一类重要药用成分，以广泛且较强的药理活性而闻名，近年来常被用作油相制备成微乳凝胶剂。中药挥发油微乳凝胶剂近年来在内科、妇科、儿科等临床疾病中的应用日趋广泛。本文通过检索相关文献，对中药挥发油微乳凝胶剂的特点、处方设计、成型工艺、质量评价进行综述，旨在为中药挥发油微乳凝胶剂的深入研发提供参考和借鉴。

1　微乳凝胶剂的特点

微乳凝胶剂是近年来兴起的一种新剂型，是将由油相、水相、表面活性剂、助表面活性剂组成的微乳加入到凝胶基质中，形成的透明、均一、稳定的凝胶网状结构，具备微乳和凝胶的双重特点[6]。研究表明，微乳具有提高药物溶解度、促进药物吸收、增加药物经皮渗透等优点，但微乳的黏附性和皮肤涂展性差，使其应用受到一定限制[7-8]。而凝胶具有黏附性强、易洗除、制备方便等优点[9]，将微乳加入到凝胶基质中制备成微乳凝胶剂可有效解决微乳黏附性差、滞留时间短、皮肤涂展性差等问题。

2　中药挥发油微乳凝胶剂的处方设计

2.1　油相

制备中药挥发油微乳凝胶剂首先要制备由中药挥发油为油相构成的微乳体系。而挥发油常用的制备方法有水蒸气蒸馏法、有机溶剂提取法、压榨法、超临界流体提取法或直接使用挥发油提取器获得[10-12]。油相可以仅使用中药挥发油，也可以使用中药挥发油与油相辅料的混合物，以增加中药挥发油的溶解度。油相辅料分为短链油相与长链油相，短链油相比起长链油相可更大程度地增加角质层细胞表面的负曲率，使自身更易穿过界面膜，从而促进微乳的形成，而长链油相可增加脂溶性药物的溶解度[13]。目前微乳常用的油相有油酸、油酸乙酯、肉豆蔻酸异丙酯等。许锦涛等[14]采用水蒸气蒸馏法提取中药陈皮的挥发油，随后以陈皮油为油相制备微乳，以粒径和多分散性指数为指标筛选微乳的最优处方，制备得到的陈皮油微乳具有吸收快、溶解度大和靶向释放的特点。郑立等[15]以连翘挥发油和油酸乙酯作为油相，通过单因素实验和伪三元相图法确定微乳的最优处方，并通过干酵母致热模型研究连翘挥发油微乳的解热药效。结果显示，将连翘挥发油制成微乳后，不仅增加了药物在水中的溶解度，而且还增强了其解热效果。以上研究表明，中药挥发油可单独或与油相辅料混合作为油相制备微乳，以微乳制成的凝胶剂可有效改善药物的溶解度。目前，仅使用中药挥发油作为油相制备成微乳的研究并不多见，若能在保证溶解度的基础上减少其他物质的加入，确保中药挥发油达到最大含量，或许对相关疾病的治疗有重大帮助。

2.2　表面活性剂

在微乳中，加入表面活性剂可使互不相溶的水相和油相以简单的乳状液滴形式分散，一定程度上抵消了两者之间的范德华力，降低了界面张力，形成界面膜，从而利于微乳的形成。在选择表面活性剂时，应参考其亲水亲油平衡值（hydrophilic lipophilic balance，HLB）、毒性和刺激性。目前中药挥发油微乳凝胶剂常用的表面活性剂为非离子型表面活性剂，如吐温类、司盘类、聚氧乙烯类等[16-17]。此外，天然的两性离子型表面活性剂卵磷脂由于具有显著的缓释效果及无毒、无刺激的优点，也常被用作制备中药挥发油微乳的表面活性剂[18]。罗国平等[19]以复方丁香油为油相，吐温-80为表面活性剂，1，2-丙二醇为助表面活性剂制备复方丁香油微乳，并通过伪三元相图法优化处方工艺，从而制得了载药量适宜、性能稳定的微乳。程晨等[20]通过单因素实验选取曲拉通X-100作为制备山苍子精油微乳的最佳表面活性剂，并利用正交实验对微乳处方进行优化，制得了水溶性、缓释性、抗氧化性都优于山苍子精油本身的山苍子精油微乳。由此可见，表面活性剂的加入保证了微乳的形成，且不同油相通常使用不同的表面活性剂，但在使用过程中要注意表面活性剂对皮肤的毒性和刺激性。

2.3　助表面活性剂

助表面活性剂的作用主要是降低油、水相之间界面膜的刚性，并在一定程度上调节表面活性剂的HLB值，从而使微乳易于形成。中药挥发油微乳凝胶剂常用的助表面活性剂多为短链醇，如无水乙醇、丙二醇、乙二醇等[21-22]。丁皓迪等[23]以无水乙醇为助表面活性剂，制得均一、稳定的胡椒叶精油微乳，并通过1，1-二苯基-2-苦肼基和2，2′-联氮双（3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸）二铵盐自由基清除法评价其体外抗氧化能力。结果显示，制成的胡椒叶精油微乳不仅提高了胡椒叶精油的稳定性及水溶性，还增强了其体外抗氧化能力。李绍林等[24]选择

丙三醇作为制备石菖蒲挥发油微乳的最佳助表面活性剂，既保证了微乳的载药量，又提高了挥发油中指标性成分的溶解度。以上研究表明，助表面活性剂与表面活性剂可共同促进微乳的形成，但应注意两者混合可能增加对皮肤的刺激性，因此要筛选搭配并控制其用量。

2.4 凝胶基质

凝胶基质可以解决微乳黏附性差、皮肤涂展性差、流动性强等问题，也可用作增稠剂，起到延长药物作用时间的效果。凝胶基质多为高分子材料，有油性与水性两类，水性凝胶基质一般由水、卡波姆（carbomer，CP）、纤维素衍生物、甘油、明胶等构成，这类基质大多在水中溶胀而不溶解，且黏度较大，是近年来被大量选择的凝胶基质。但这类基质润滑作用较小，使用时通常需要与保湿剂联用。油性凝胶基质主要由液体石蜡、胶体硅、脂肪油等构成，使用时用量较水性基质小。刘玉娟等[25]对淫羊藿富集部位微乳凝胶进行流变学研究，比较CP-940与CP-980两种基质质量分数分别为0.5%、1%时的储能模量、损耗模量及复合黏度。结果显示，CP-940和CP-980质量分数均为0.5%时所制凝胶制剂处于溶胶-凝胶转变点，不具备凝胶特性；质量分数均为1%时所制凝胶在低频区域和高频区域，均呈现为储能模量大于耗能模量，没有交叉，说明该凝胶制剂具备凝胶的特性，且黏弹性良好。王景雁等[26]在研究复方甘草微乳凝胶剂的制备工艺中，对羟丙基甲基纤维素、羧甲基纤维素钠、CP-934、CP-940进行筛选，发现使用CP-940制备所得的微乳凝胶黏度适中、表面光泽、易涂展且凝胶无气泡，离心后不分层。以上研究表明，不同的凝胶基质、不同的质量分数都会影响微乳凝胶的形成，因此制备中药挥发油微乳凝胶剂时要多方面综合考察选择合适的凝胶基质。

3 中药挥发油微乳凝胶剂的成型工艺

中药挥发油微乳凝胶剂的成型工艺包含微乳的成型与凝胶的成型两部分。

3.1 微乳的成型工艺

微乳的形成原理主要包括双层膜理论、增溶理论、负表面张力理论、几何排列理论和R比理论几种学说[27]。基于以上原理，微乳的制备方法有两相滴定法、相变温度法和盐度扫描法[28-29]。目前研究较多的微乳制备方法为两相滴定法，指通过绘制伪三元相图找出微乳形成区域，确定油相、水相、表面活性剂、助表面活性剂、温度及K_m值（表面活性剂与助表面活性剂的比值）之间的关系，从而筛选出最优处方。张天琪等[30]通过绘制伪三元相图，考察了茴香精油在不同油相、表面活性剂和助表面活性剂中的生物活性，最终确定茴香精油微乳的最优处方为茴香精油为油相，吐温-80/吐温-40（1∶1）为表面活性剂，丙三醇为助表面活性剂，三者比例为1.5∶4∶2或1∶6∶3，并证实微乳体系的构建显著提高了茴香精油的抗氧化性、稳定性和溶解度。王海燕[31]以鳄鱼油为油相，从司盘-20、吐温-20、司盘-80、吐温-60中筛选合适的复合表面活性剂，通过绘制伪三元相图得到最优处方为司盘-80和吐温-60（质量比13∶7）为复合表面活性剂，无水乙醇为助表面活性剂，混合表面活性剂与鳄鱼油的质量比为9∶1，含水量为80%。以上研究表明，利用伪三元相图法是目前制备微乳的常用方法，且方法简便，易于操作。

3.2 凝胶的成型工艺

近年来，凝胶剂发展迅速，其制备方法主要有3种：（1）将凝胶基质与水按一定比例混合，放置过夜使其充分溶胀，将溶胀好的凝胶基质加入到微乳中，搅拌均匀；（2）将一定量的凝胶基质直接加入到微乳中，放置使其充分溶胀，搅拌均匀；（3）将凝胶基质加入到微乳的水相中充分溶胀，再按微乳的制备方法制备成微乳凝胶剂[32]。姜丰等[33]使用伪三元相图法优化香茅醇微乳处方，并考察上述3种制备方法对香茅醇微乳凝胶的影响。结果发现，3种方法制备的凝胶无明显差异，为方便操作，最终选择将香茅醇微乳加入到溶胀好的凝胶基质中。叶小玲等[34]利用第1种方法制备天然冰片微乳凝胶，结果发现，此方法不仅简便，且能获得均匀细腻、黏稠度适中、涂展性较好的微乳凝胶剂。由此可见，上述3种微乳凝胶剂制备方法中，由于第1种方法的操作简单，故被多数实验所选用，且该方法制备得到的微乳凝胶剂性质稳定。

4 中药挥发油微乳凝胶剂的质量评价

中药挥发油微乳凝胶剂的质量评价分为挥发油的质量评价和微乳凝胶的质量评价两部分。

4.1 挥发油的质量评价

挥发油的质量可从定性及定量两个方面来评价，主要采用薄层色谱法和气相色谱或气-质联用色谱法对其进行鉴别和含量测定[35]。陈彤等[36]通过薄层色谱法对陈皮挥发油的化学成分进行定性鉴别，并利用气-质联用色谱法建立多个品种挥发油的指纹图谱，可显著区分陈皮挥发油的不同产地，对其质量的整体控制与评价提供了一定参考。罗忻昳等[37]采用气相色谱-一测多评法同时测定了佛手挥发油中6种成分的含量。结果表明，该方法准确度和重复性良好，可简便、快捷地实现佛手挥发油成分的定量分析及质量控制。

4.2 微乳凝胶的质量评价

微乳凝胶剂是一种新型的凝胶制剂，2020年版《中国药典》（四部）通则中有关于凝胶剂外观、性状、pH值、黏度、生产贮藏等相关规定。微乳粒径的大小、稳定性等也影响微乳凝胶的质量，通常采用马尔文激光粒度仪测量微乳的粒径大小及分布。吕敏等[38]将紫苏梗、香附、陈皮、佛手、枳壳、香橼提取的挥发油制备成微乳凝胶，按《中国药典》方法对粒径、Zeta电位、pH值、黏度和柚皮苷、橙皮苷、新橙皮苷含量进行评价。结果发现，所制微乳凝胶剂的外观澄清，粒径为20.14 nm，Zeta电位为－4.04 mV，pH值为5.43，黏度为65 mPa·s，柚皮苷、橙皮苷、新橙皮苷含量分别为6.122 4、2.094 1、4.277 0 mg/mL。此外，药物的体外释放和透皮吸收行为是微乳凝胶剂质量评价的重点，药物的释放行为多数符合零级、一级、Higuchi 3种动力学方程，透皮吸收主要采用扩散池法进行研究。陆姗姗等[39]通过改良Franz扩散池和高效液相色谱法考察小茴香油微乳凝胶剂的透皮吸收特性，结果显示，其单位面积累积渗透量为53.67 μg/cm^2，透皮吸收量提高4倍。刘欣妍等[40]利用Franz扩散池对花椒挥发油微乳凝胶剂的体外释放度进行考察，结果显示，川芎嗪、阿魏酸、葛根素与京尼平苷在24 h内的释药特性均符合一级动力学方程，而蛇床子素的释放过程符合零级动力学方程。

5 结语

中药挥发油微乳凝胶剂作为一种新剂型，具备微乳和凝胶的双重特点，可提高药物的溶解度和稳定性，促进药物吸收并达到长效缓释的效果，近年来在临床中的应用日趋广泛。油相、表面活性剂、助表面活性剂和凝胶基质是组成中药挥发油微乳凝胶剂的必要处方。其中油相可以仅使用中药挥发油，也可以将中药挥发油与油相辅料混合使用，以增加中药挥发油溶解度。表面活性剂和助表面活性剂可共同促进微乳的形成，但两者均有一定刺激性和毒性[41]，因此中药挥发油微乳凝胶剂的安全问题有待进一步研究。成型工艺分为微乳的成型工艺和凝胶的成型工艺两部分，微乳的形成主要利用伪三元相图法，凝胶的形成则需根据微乳选择合适的制备方法。质量评价包含挥发油的质量评价和微乳凝胶的质量评价，挥发油的质量评价可从定性及定量两个方面进行研究，微乳凝胶需满足外观、性状、pH值、黏度、生产贮藏等相关规定。此外，还需考察微乳粒径的大小、稳定性、体外释放和透皮吸收。中药挥发油微乳凝胶剂的质量评价是新型制剂开发的难点，要求从挥发油的质量、处方设计、成型工艺等多环节进行严格质量控制，确保制剂的安全性、稳定性和有效性。因此，在后续的研究中，在保证药效且低毒甚至无毒的前提下，建议尽可能对不同表面活性剂和助表面活性剂等成分物质进行研究，并探索新型辅料，保证中药挥发油的活性成分被最大化利用，提升用药安全性。

参考文献

[1] 王梁凤，李慧婷，陈青垚，等. 中药挥发油抗菌作用的研究进展[J]. 中国中药杂志，2021，46(5)：1026-1033.

[2] SHAHIN S M，JALEEL A，ALYAFEI M A M. The essential oil-bearing plants in the United Arab Emirates（UAE）：an overview[J]. Molecules，2021，26(21)：6486.

[3] LIANG X L，WANG X L，ZHAO G W，et al. Research progress of essential oil as a new complementary therapy in the treatment of depression[J]. Mini Rev Med Chem，2021，21(16)：2276-2289.

[4] ZHANG N，YAO L. Anxiolytic effect of essential oils and their constituents：a review[J]. J Agric Food Chem，2019，67(50)：13790-13808.

[5] 王晓禹，吴国泰，杜丽东，等. 中药挥发油新型制剂及其质量控制的研究现状[J]. 中国药房，2021，32(20)：2551-2555.

[6] 冒玉娟，张乐，马佳宁. 微乳凝胶剂的研究进展[J]. 山西医药杂志，2019，48(3)：316-318.

[7] CHOI K O，CHOI S J，LEE S Y. Characterization of phase and diffusion behaviors of oil，surfactant，and co-surfactant ternary systems for lipid-based delivery carriers[J]. Food Chem，2021，359：129875.

[8] 周越，穆蒙，张永民. 微乳液在透皮给药方面的应用[J]. 中国洗涤用品工业，2021(9)：79-86.

[9] 王梦茵，王浩楠，王文荣，等. 山苍子精油的提取及缓释凝胶制备[J]. 广州化学，2021，46(6)：56-62，68.

[10] 陈群，张兴，王杰. 罗勒挥发油提取工艺及其应用研究进展[J]. 长江大学学报（自科版），2018，15(4)：9-11.

[11] 王惠洁，付晓，季新燕. 麝香壮骨膏方中药材挥发油的提取工艺研究[J]. 山西中医药大学学报，2019，20(6)：420-422，430.

[12] 张小飞，詹娟娟，吴司琪，等. 当归挥发油提取工艺优化及其乳化芳香水成分分析[J]. 中国实验方剂学杂志，2017，23(5)：27-31.

[13] 刘筱雅，江昌照，高文彦，等. 微乳和基于微乳的经皮给药制剂的研究进展[J]. 中国医药工业杂志，2020，51(4)：442-449.

[14] 许锦涛，郑家勤，王晗毓，等. 陈皮油微乳处方的优化[J]. 中成药，2022，44(7)：2262-2266.

[15] 郑立，汤韵秋，余琳媛，等. 连翘挥发油自微乳的制备及

解热作用[J]. 中华中医药学刊,2020,38(3):149-153.
[16] 韩冰,郑野,徐嘉,等. 微乳体系的制备及其稳定性研究进展[J]. 食品与发酵工业,2020,46(24):284-291.
[17] 杨冠杰,梁鹏. 微乳液在食品营养与安全领域的研究进展[J]. 食品研究与开发,2020,41(8):210-217.
[18] 邢玉娟. 来凤凤菊精油的化学成分、生物活性及微乳化研究[D]. 武汉:武汉轻工大学,2018.
[19] 罗国平,妙苗,白杨,等. 伪三元相图法优化复方丁香油微乳制备工艺[J]. 中国药业,2020,29(7):87-89.
[20] 程晨,司红燕,王宗德,等. O/W型山苍子精油微乳的制备及其性能研究[J]. 林产化学与工业,2021,41(1):67-76.
[21] TARTARO G,MATEOS H,SCHIRONE D,et al. Microemulsion microstructure(s):a tutorial review[J]. Nanomaterials(Basel),2020,10(9):E1657.
[22] 刘伟,张莹莹,周文杰,等. 复方彻清膏微乳的制备及稳定性研究[J]. 中草药,2018,49(14):3252-3260.
[23] 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.
[24] 李绍林,段启,赵珍东,等. 石菖蒲挥发油微乳鼻喷剂的制备及其质量评价[J]. 中草药,2019,50(8):1935-1941.
[25] 刘玉娟,刘欣妍,李婷婷,等. 淫羊藿富集部位微乳凝胶的制备及药效学评价[J]. 中国中药杂志,2022,47(10):2634-2642.
[26] 王景雁,马书伟,赵馨雨,等. 复方甘草微乳凝胶剂的制备与药效学评价[J]. 中国中药杂志,2020,45(21):5193-5199.
[27] GU Y L,CHEN S,LIU H E,et al. Effect of monovalent anions on cationic gemini micro-emulsion[J]. Chin J Chem Eng,2018,26(12):2636-2640.
[28] SOLEIMANI ZOHR SHIRI M,HENDERSON W,MUCALO M R. A review of the lesser-studied microemulsion-based synthesis methodologies used for preparing nanoparticle systems of the noble metals,Os,Re,Ir and Rh[J]. Materials,2019,12(12):1896.
[29] DAS S,LEE S H,CHOW P S,et al. Microemulsion composed of combination of skin beneficial oils as vehicle:development of resveratrol-loaded microemulsion based formulations for skin care applications[J]. Colloids Surf B Biointerfaces,2020,194:111161.
[30] 张天琪,韩冰,郑野,等. 茴香精油微乳的制备、表征及抗氧化性研究[J/OL]. 食品与发酵工业,2022:1-11[2022-10-25]. http://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.031820.
[31] 王海燕. 鳄鱼油微乳制备及性质分析[J]. 莆田学院学报,2021,28(5):83-88.
[32] ZHANG J,MICHNIAK-KOHN B B. Investigation of microemulsion and microemulsion gel formulations for dermal delivery of clotrimazole[J]. Int J Pharm,2018,536(1):345-352.
[33] 姜丰,王益,严俊丽,等. 香茅醇微乳凝胶的制备及体外抗菌试验[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23(20):8-13.
[34] 叶小玲,赵莹,王楠,等. 天然冰片微乳凝胶的制备及其质量评价[J]. 中国民族民间医药,2022,31(2):27-35.
[35] 刘媛,臧振中,伍振峰,等. 中药挥发油质量控制的现状、问题与对策[J]. 中草药,2018,49(24):5946-5951.
[36] 陈彤,曹庸,刘飞,等. GC-MS指纹图谱结合主成分分析法评价不同产地陈皮挥发油的质量[J]. 现代食品科技,2017,33(2):217-222,216.
[37] 罗忻昳,李培,何兵,等. 气相色谱-一测多评法同时测定佛手挥发油中6种成分的含量[J]. 中国药房,2021,32(16):1995-2001.
[38] 吕敏,王云,孙静莹,等. 胃苏微乳离子敏感型凝胶的制备与评价[J]. 中国药学杂志,2020,55(6):445-450.
[39] 陆姗姗,陈军,赵玉荣. 小茴香油微乳凝胶的制备及其体外透皮促渗行为研究[J]. 中国现代应用药学,2022,39(8):1067-1074.
[40] 刘欣妍,徐铃燕,刘鑫. 花椒挥发油微乳凝胶的制备及其对不同油水分配系数药物的体外释放研究[J]. 中南药学,2020,18(2):189-193.
[41] 陈雪莲. 无表面活性剂微乳及其温度响应的研究[D]. 无锡:江南大学,2020.

(收稿日期:2022-04-20 修回日期:2022-07-05)
(编辑:邹丽娟)