

菊花挥发油提取工艺及影响因素

宋彦丽, 蒋细旺*

(江汉大学 生命科学学院, 湖北 武汉 430056)

摘要:挥发油是菊花主要功能成份之一,其提取工艺一直是研究者们关注的话题。介绍了菊花挥发油提取工艺的9种方法,并就各提取工艺的原理、操作流程、技术参数及特点进行了分析和阐述;提出了提取方法、菊花品种、菊花产地与物候期均对菊花挥发油含量与成分有影响;最后对菊花挥发油的提取工艺及发展方向进行了总结和展望。以期为菊花挥发油的工业化提取提供理论依据与技术参考。

关键词:菊花;挥发油;提取工艺

中图分类号:S682.11 文献标志码:A 文章编号:1673-0143(2015)02-0164-06

DOI:10.16389/j.cnki.cn42-1737/n.2015.02.012

Extraction Methods and Influence Factors of Volatile Oil of Chrysanthemum

SONG Yanli, JIANG Xiwang*

(School of Life Science, Jianghan University, Wuhan 430056, Hubei, China)

Abstract: The volatile oil from chrysanthemum is the important functional ingredient, and its extraction process gains attention from researchers. Introduces nine extraction methods of volatile oil from chrysanthemum, elaborates and analyses the principle, procedure, technological parameters and feature of extraction process, proposes that the extraction methods, the varieties, the region and the phenophase have influence on content and ingredient of volatile oil from chrysanthemum, prospects the future extration technics and development direction of the volatile oil from chrysanthemum.

Keywords: chrysanthemum; volatile oil; extraction process

0 引言

菊花是菊科菊属多年生宿根草本花卉,其干燥的头状花序在我国现存最早的药学专著《神农本草经》中被列为上品。菊花主要成分有挥发油、黄酮苷类、香豆精类和生物碱类^[1],具有清热解毒、清肝明目、疏散风热、平抑肝阳等功效^[2]。其中挥发油是菊花主要功能成分之一,具有抑菌抗炎、抗氧化、抗肿瘤等作用^[3-6]。目前,菊花挥发油的作用不仅应用于医药上,在香料工业、日用食品工业及化学工业中也是重要的原料。但其提取工艺一直是限制挥发油质量与产量的瓶颈问题,提取效率也直接影响到挥发

收稿日期:2014-12-22

基金项目:湖北省科技支撑计划项目(公益性科技研究类)(2014BBB009);武汉花卉(菊花)工程技术研究中心项目(2013021005010466);湖北省教育厅教学改革研究项目

作者简介:宋彦丽(1988—),女,硕士生,研究方向:菊花有效成分的提取、分析及药理作用。

*通讯作者:蒋细旺(1964—),男,教授、博士,研究方向:园林植物与观赏园艺。Email:xiwangjiang@163.com

油的生产成本与经济效益^[7]。近年来,随着现代技术的飞速发展,挥发油提取的新型方法不断涌现,现将菊花挥发油各种提取方法的研究现状及影响菊花挥发油含量与成分的因素进行分析探讨。

1 菊花挥发油的提取方法

1.1 水蒸气蒸馏法

水蒸气蒸馏法(steam distillation, SD)是指将含有挥发性成分的材料适当处理成粗粉或碎片,通过水中蒸馏、水上蒸馏、直接蒸气蒸馏的方式,使挥发性成分随水蒸气同时蒸馏出来,再经冷凝分取挥发性成分的方法。该法是目前挥发油提取过程中普遍采用的方法,影响水蒸气蒸馏效率的因素主要有菊花粉碎度、料液比、浸泡时间、蒸馏提取时间。张菲菲等^[8]采用正交试验研究SD提取‘杭白菊’挥发油的最佳工艺,以挥发油得率为指标考察粉碎度、加水量、浸泡时间与提取时间对提取率的影响,确定挥发油的最佳提取工艺条件为菊花粉碎度80~100目、加水量14倍、浸泡10h、提取13h,杭白菊挥发油平均得率为0.55%。杨立刚等^[9]采用SD法提取鲜菊花脑挥发油,通过单因素试验研究鲜菊花脑挥发油的最佳提取工艺为菊花脑磨碎,物料比1:3时65℃浸泡14h后蒸馏5h,菊花脑(鲜重)挥发油的提取率为0.87%。

SD法操作简单、设备简单、成本低廉,在提取过程中,提取液在共沸情况下菊花碎片的焦化直接影响挥发油的品质与色泽^[10];另外挥发油熔点较低,常温下易凝固,蒸馏出的挥发油会附着于测定器的内壁上,从而导致分析结果偏低^[11]。这就要求在采用该方法提取挥发油时,需要在优化各个因素的试验基础上,尽量找出相对较短的提取时间,以使整个提取工艺最优化和挥发油品质最佳化。

1.2 超临界流体萃取法

超临界流体萃取法(supercritical fluid extraction, SFE)是国内外发展较快的一种提取分离技术,利用超临界流体在临界温度和临界压力附近具有的特殊性能而进行萃取的一种方法。薛焰等^[12]采用超临界CO₂技术萃取‘杭白菊’挥发油,以‘杭白菊’挥发油得率为指标,采用正交试验考察萃取温度、萃取压力、CO₂流量、萃取时间4个因素对‘杭白菊’挥发油的超临界CO₂流体萃取的影响。结果表明在萃取压力20MPa、萃取温度55℃、CO₂流量10kg/h的条件下萃取2h为最佳工艺,‘杭白菊’挥发油得率达到5.92%。STASHENKO等^[13]采用不同的方法提取‘美洲菊’花与叶中的挥发油,发现SFE法较SD法在提取时间上大大缩短,并且具有高的选择性。ROMAN等^[14]利用超临界CO₂萃取技术和SD法提取‘野甘菊’的挥发性成分与非挥发性成分,实验结果表明超临界萃取物的纯度较水蒸气蒸馏的馏出物要高。

超临界流体萃取过程是由萃取和分离组合而成的一种分离方法,CO₂是其最常用的萃取剂。在提取植物精油时,SFE法能有选择地提取无极性或弱极性的物质,对纯酯类、萜类等化合物有良好的溶解能力,可使植物中有效成分免遭破坏,保持其生物活性,且缩短提取时间,提高产品质量等优点。但SFE法工艺技术要求较高,设备费用一次性投资大,且对于许多强极性和高分子量的物质提取率较低。

1.3 亚临界水萃取法

亚临界水又称过热水、高压热水或热液态水,指压力和温度在其临界值之下附近区域的液态水。亚临界水与常温常压的水不同,更类似于有机溶剂。亚临界水萃取法(subcritical water extraction, SBWE)是以亚临界水为提取溶剂的一种新型提取分离技术,产率高、提取时间短、产品质量纯正,符合食品质量与安全的要求,是一种绿色环保、前景广阔且可取代传统提取方式的提取分离技术^[15]。SBWE法是通过改变萃取温度来改变水的极性,从而选择性萃取样品中不同极性的物质,但在萃取弱极性和非极性物质时,对萃取条件与设备要求均较高。包秀萍等^[16]采用SBWE技术萃取‘贡菊’挥发油粗品的得率为4.6%,墨绿色澄清液体,挥发性好,品质佳。

SBWE法设备简单、无毒无污染且效率高。与SD法相比,该方法提取的挥发油质量较好,更芳香自然,且含有较高的氧化性化合物浓度与较低的萜烯化合物浓度,但是其耗水量较大,约为SD法的10倍^[17]。值得注意的是,利用SBWE法提取挥发油的高温条件是否对挥发油化学成分有影响,尚需进一步研究。

1.4 分子蒸馏法

分子蒸馏法(molecular distillation, MD)是一种在高真空下实现物质间液-液分离的技术。现主要应

用于沸点高、具热敏性、易氧化物质的分离,是提纯精油的一种方法,一般与其他提取方法联合应用。翁少伟等^[18]采用超临界CO₂萃取与分子蒸馏技术联用(SFE-MD)的方法提取分离‘杭白菊’精油,以‘杭白菊’挥发油得率为指标,得到超临界CO₂萃取最佳工艺条件为压力30 MPa、温度70℃、50%乙醇溶液为夹带剂(为原料重量的5%);分子蒸馏最佳提取工艺条件为一级蒸馏柱温70℃、二级蒸馏柱温100℃、提取率为0.418%。MD法具有操作压强与操作温度低、分离效率高、产品收率与品质高、耗能小等优点,同时也克服了其他提取方法存在挥发油色泽差、品质差或溶剂残留等问题。

1.5 固相微萃取法

固相微萃取法(solid-phase microextraction, SPME)是一种利用萃取头表面的萃取涂层的吸附作用将组分分离、富集的样品前处理技术。CUI等^[19]通过对微萃取技术在植物提取物中的挥发性与半挥发性物质测定的应用研究,推测微萃取技术在植物提取物分析的应用将越来越完善,在植物分析中可省去混合、均化、过滤和离心等比较困难的预处理过程,直接微萃取获得植物组分进行分析。周海梅等^[20]分别用不同温度、不同平衡时间、不同萃取纤维头进行顶空固相微萃取操作,结合气相色谱-质谱联用技术对‘贡黄菊’和‘贡白菊’的挥发性成分进行鉴定,结合面积归一法测定其相对含量,共鉴定‘贡黄菊’和‘贡白菊’挥发性成分53种,其中共有成分35种。谢超等^[21]利用顶空加热收集‘神农香菊’花蕾和花的挥发性成分,运用气相色谱-质谱联用技术分离鉴定挥发性成分的结构及相对含量,共鉴定出52种挥发性成分,花蕾含44种,花中含47种。SPME法操作简单、需时短、无需萃取溶剂,适于与气相色谱联用进行挥发油成分的检测,但提取样品量小,不适于大规模生产。

1.6 有机溶剂萃取法

有机溶剂萃取法(organic solvent extraction, OSE)是用石油醚、二硫化碳、四氯化碳、苯等低沸点有机溶剂浸提,浸取的方法可采用回流加热法或冷浸法,提取液低温蒸去溶剂即得粗制挥发油(即浸膏),此过程主要是液固萃取过程,所得产物为浸膏、香树酯、油树酯、净油等。殷红等^[22]比较了不同方法提取‘杭白菊’挥发油的效果,结果发现有机溶剂提取法出油较少。OSE法获得挥发油的化学组分亲脂性较强,沸点较低,相对分子质量小,但在提取过程中叶绿素等一些脂溶性成分也一并提出导致挥发油纯度较低,而且萃取时间长、效率低、不能自动操作,与此同时还存在溶剂残留等问题。

1.7 微波辅助提取法

微波辅助提取法(microwave assisted extraction, MWAE)是依据不同物质吸收微波能力的差异,从而选择性地样品中的目的萃取物以初始形态高效地萃取出来的一种方法。张丽媛等^[23]应用单因素试验和正交试验,研究液料比、萃取时间、微波萃取温度对‘万寿菊’残渣中挥发油成分萃取效果的影响。确定最优化萃取条件,微波萃取温度为高温(700 W)、萃取时间60 s、液料比6:1(mL/g),挥发油提取率为1.575%;采用气相色谱-质谱联用技术对其化学成分进行分析,鉴定出19种有效成分。MWAE法是微波与传统溶剂法相结合后形成的一种新的萃取方法,能有效缩短提取时间、节约能源、减少溶剂需要量及避免一些废物的产生,但易导致热敏性物质变性或失活。

1.8 超声波辅助提取法

超声波辅助提取法(ultrasonic assisted extraction, UAE)是以超声波辐射压强产生的机械效应、空化效应和热效应,具有搅拌、分散成雾、凝聚、冲击破碎和疲劳损坏、加热、促进氧化还原、促进高分子物质的聚合或解聚等作用,从而加速扩散溶解的一种新型提取方法。张迪等^[24]在单因素实验的基础上通过正交试验探讨超声波辅助萃取‘杭白菊’精油的最佳工艺,研究结果显示:超声提取温度为50℃、超声提取功率为70 W、超声提取时间为25 min、提取次数为2次时提取效果最佳。UAE法是一种物理过程,能较好地保持挥发油的天然结构与生物活性,同时缩短了提取时间,提高了挥发油得率,但随着超声时间的延长,挥发油中杂质的含量也随着增加,长时间的超声波可能导致有机物的合成与分解。

1.9 酶解辅助萃取法

酶解辅助萃取法(enzymic assisted extraction, EAM)是在提取挥发油之前经纤维酶预处理植物细胞壁,从而加速提取挥发油的方法。张福维等^[25]利用在反应过程中分批添加底物的酶解方法,在破坏植物细胞壁后提取菊花挥发油,结果发现分批添料在酶解24 h、水气蒸馏5 h后菊花挥发油的提取率提高到

0.45%,大部分组分的相对含量增多。段宾宾等^[26]分别采用了SD法和EAM法提取‘怀菊’挥发油,结果显示:用水蒸气蒸馏法提取挥发油为蓝色油状液体,得率为0.27%;用酶法提取挥发油为浅黄色油状液体,得率为0.99%,是SD法提取率的3倍多。EAM法有效提高了挥发油的产率,保留了挥发油的天然属性,但在纤维素酶处理过程中费时、费力且提取杂质较多,因此实验室研究和工业化生产中均较少应用。

2 影响菊花挥发油提取率及成分的因素

菊花挥发油是一类复杂的有机混合物,其主要化学成分为单萜烯类、倍半萜烯类及其含氧衍生物。其含量与组分不仅与菊花品种有关,还与菊花挥发油的提取方法、取材期、产地等因素有关。这不仅影响材料的采收、挥发油的生产与挥发油产量,而且影响到挥发油品质、价值和质量的稳定性。

2.1 提取方法对菊花挥发油提取产率及成分的影响

挥发油中含有不稳定化合物,容易在提取过程中受热挥发或氧化变质,从而导致不同的加工方法提取的挥发油在含量和成分上差异较大。陈保华等^[27]运用GC-MS技术对分别采用SFE法和SD法提取所得‘野菊花’挥发油的化学成分进行对比分析,发现SFE法共分离出的化合物是SD法分离出化合物的两倍,SFE法鉴定出85个化合物;SD法鉴定出46个化合物。段宾宾等^[26]分别采用了SD法和EAM法提取‘怀菊’挥发油,发现EAM法提取率是SD法提取率的3倍多。前人的研究结果表明同一品种菊花采用不同提取方法其挥发油产率与成分均有明显不同。

2.2 菊花品种对挥发油产率与成分的影响

我国菊花品种丰富,用途千差万别,这主要与其植物学特性及所含功能成分有关。挥发油属于菊花主要功能成分之一,用于提取挥发油的菊花品种主要包括‘秋菊’、‘贡菊’、‘滁菊’、‘怀菊’、‘野菊’等,且不同品种菊花的挥发油含量与成分差别较大。芦金清等^[28]运用《中国药典》改良法测定湖北产地不同品种菊花中挥发油的含量,挥发油产率分别是:‘金菊花’为0.542%、‘神农香菊’为0.386%、‘贡菊’为0.233%、‘杭菊’为0.163%。孙乙铭等^[29]采用SD法对引种于浙江桐乡菊花种质资源圃中不同菊花品种的挥发油含量进行测定,发现菊花各品种挥发油含量差异明显,‘黄药菊’为0.80%、‘黄菊’为0.70%、‘浙产菊’为0.4%、‘射阳菊’为0.3%、异种大白菊为0.20%。以上研究结果均表明不同菊花品种挥发油的含量差别很大,但不同菊花品种之间挥发油的组分是否有明显差异却需要更深入的研究。

2.3 菊花产地对挥发油提取产率及成分的影响

产地指菊花生长、生产的地点,由于气温、光照、湿度、土壤等立地条件的差异,不同产地的同一菊花品种挥发油的组分有明显的差异。袁焱等^[30]通过对不同产地野菊花挥发油化学成分对比研究发现湖北、河北、河南3个产地野菊花挥发油化学成分的种类与含量均有明显的差别。孙曙光等^[31]采用SD法提取安徽亳州、河南温县、河南南阳、安徽黄山等10个产地的‘野菊花’挥发油,结合GC-MS法分析其化学成分,发现这10个产地‘野菊花’的挥发油均含有几十种成分,但仅有12种相同成分,且共有成分的含量也有明显差异,以上研究表明菊花生产产地对其挥发油产量及成分均有明显影响。

2.4 物候期对菊花挥发油提取产率及成分的影响

植物各器官中的挥发油含量一般是随着器官的生长发育而不断增加,刚完成生长发育时器官中挥发油的含量达到最高,当植物器官停止生长,挥发油的含量随着挥发油的生成速度小于挥发油的挥发速度而逐渐下降^[10]。对于菊花花器官的发育,菊花的花芽在开花前已经完成整个花器官的发育,即将开花的花期挥发油含量达到最高,开花后便逐渐下降。李福高等^[32]通过对不同物候期‘杭白菊’挥发性成分研究,发现‘杭白菊’的花蕾期、中花期、大花期挥发油的质量分数分别为0.383%、0.337%、0.295%。纪小燕等^[33]通过对不同采摘期野生菊花挥发油含量的研究发现花蕾期的挥发油含量明显高于开花期挥发油的含量,进一步验证了上述观点,表明花蕾期菊花挥发油含量达到最高,是提取挥发油的最佳时期。

需要指出的是,菊花挥发油检测出化合物种类、含量等方面的差异除与菊花品种、产地、物候期、提取方法有关外,还与菊花材料的新鲜程度如鲜花或干花、加工处理方法如阴干或烘干等有着密切的关系^[34-35],但在菊花茶加工过程中杀青这一程序是否对菊花挥发油的含量与组分造成影响还需要进一

步研究。

3 结语

纵观菊花挥发油提取方法的发展进程,SBWE、UAE等新兴提取技术均比SD、OSE等传统提取方法在提取效率、操作时间、选择性等方面有较大的改进,但这些新技术仍停留在实验室小规模研究应用阶段,在成果转化方面缺乏产业化的引领,难以转化应用,且与之相应的新技术新工艺配套的装配不能应运而生,阻碍了其成果的转化^[36]。虽然菊花挥发油的提取方法各有其优点和不足,但SD法仍是目前生产中应用最为普遍的方法,说明深入研究该方法在提取过程中挥发油的变化规律及关键影响因素具有重要意义。

由于提取方法、菊花品种,菊花产地及物候期不同以致所获得的挥发油成分在种类与含量上也存在一定差异,故应依据挥发油的性质、用途选择最合适的提取方法与材料,一方面发挥传统SD法的优势,开展系统的基础研究,解决其在成果转化中存在的问题;另一方面应进一步对UAE等新技术的应用进行系统研究,为其成果转化搭建桥梁;同时,可以采用多种方法联合萃取技术以达到提高产率与纯度、缩短时间、降低成本的目的。最后,菊花挥发油的研究不仅要致力于提高产率和品质,更要注重菊花挥发油的化学成分、药理特性的变化与深加工应用方面,使其在日用化工、保健品、食品添加剂、化妆品等方面有更大的开发与应用前景。

参考文献(References)

- [1] LIM T K. Edible medicinal and non-medicinal plants: flowers volume 7 [M]. New York: Springer, 2013: 250-286.
- [2] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中国药典[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 218
- [3] JUNG E K. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of chrysanthemum indicum against oral bacteria [J]. Journal of Bacteriology and Virology, 2009, 39(2): 61-69.
- [4] SU J Y, TAN L R, LAI P, et al. Experimental study on anti-inflammatory activity of a TCM recipe consisting of the supercritical fluid CO₂ extract of chrysanthemum indicum, patchouli oil and zedoary turmeric oil in vivo [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2012(141): 608-614.
- [5] 张菲菲. 杭白菊挥发油提取鉴定及功效研究[D]. 南京: 东南大学, 2008.
- [6] 文福姬, 李健秀, 王玉军. 贡菊挥发油的化学成分及抗氧化性研究[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(4): 14-16.
- [7] 吴明一, 赵金华, 梁慧, 等. 中药材挥发油提取过程的传质动力学模型[J]. 化工学报, 2008, 59(12): 2990-2995.
- [8] 张菲菲, 马永建, 孙桂菊, 等. 菊花挥发油提取工艺研究[J]. 时珍国医国药, 2008, 19(4): 834-836.
- [9] 杨立刚, 李莉华, 林丽凤, 等. 南京菊花脑部分成分分析及挥发油的提取研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(2): 212-215.
- [10] 罗金岳, 安鑫南. 植物精油和天然色素加工工艺[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [11] 李希, 谢守德, 吕琳, 等. 中药挥发油提取中存在的问题及解决办法[J]. 中华中医药杂志, 2006, 21(3): 179-180.
- [12] 薛焰, 郭立玮, 沈静, 等. 超临界萃取与溶剂法联用提取滁菊有效成分的工艺研究[J]. 南京中医药大学学报, 2004, 20(2): 102-103.
- [13] STASHENKO E F, PUERTAS M Y. Volatile by secondary metabolites from spilanthus americana obtained simultaneous steam distillation-solvent extraction and supercritical fluid extraction [J]. Journal of Chromatography A, 1996, 752: 223-232.
- [14] ROMAN P, SAJFRTOVÁ M. The insecticidal activity of tanacetum parthenium (L.) Schultz Bip. extracts obtained by supercritical fluid extraction and hydrodistillation [J]. Industrial Crops and Products, 2010(31): 449-454.
- [15] BOYE J I, ARCAND Y. Green Technologies in food production and processing [M]. New York: Springer-Verlag, 2014.
- [16] 包秀萍, 刘煜宇, 普元柱, 等. 亚临界流体萃取贡菊净油的方法及其成分分析[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(7): 100-103.
- [17] 陈赟, 田景奎, 程翼宇. 中草药挥发油提取新技术——亚临界水萃取[J]. 化学工程, 2006, 34(8): 59-62.
- [18] 翁少伟, 陈建华, 黄少烈, 等. 超临界 CO₂ 萃取及分子蒸馏技术联用提取分离杭白菊精油[J]. 广东化工, 2008, 35(180): 68-76.
- [19] CUI Y, WANG J, LI D H. Microextraction techniques for the determination of volatile and semivolatile organic compounds from

- plants: A review [J]. *AnalyticaChimicaActa*, 2013, 799: 8-22.
- [20] 周海梅, 谢培山, 王万慧, 等. 固相微萃取-气相色谱-质谱技术应用于菊花的挥发性成分分析[J]. *中国中药杂志*, 2005, 30(13): 986-989.
- [21] 谢超, 黄龙, 彤霖, 等. 静态顶空气相-质谱联用法分析神农香菊花蕾和花中的挥发性成分[J]. *湖北农业科学*, 2011, 50(20): 4266-4268.
- [22] 殷红, 杨鑫骥, 盛静. 不同情况下杭白菊中挥发油成分的分析[J]. *中国药业*, 2004, 13(2): 47.
- [23] 张丽媛, 申书昌, 刘志明, 等. 微波法辅助萃取万寿菊花挥发油及其化学成分的气质联用分析[J]. *食品科学*, 2011, 32(16): 326-329.
- [24] 张迪, 赵铭钦, 姬小明. 超声波辅助萃取杭白菊挥发油工艺研究[J]. *西南农业学报*, 2010, 23(6): 2046-2048.
- [25] 张福维, 韩玉兰, 付海英. 多次添料酶法提取菊花挥发油的研究[J]. *辽宁农业科学*, 1999, 39(6): 11-13.
- [26] 段宾宾, 刘鹏飞, 王文基, 等. 不同提取方法对怀菊花挥发油成分的影响及挥发油在卷烟加香中的应用[J]. *烟草科技*, 2011, 54(5): 48-52.
- [27] 陈保华, 李胜华, 王冰. 对野菊花不同提取方法所得提取物化学成分的比较研究[J]. *中成药*, 2010, 32(11): 1999-2003.
- [28] 芦金清, 李竣. 湖北产不同品种菊花中挥发油和总黄酮测定[J]. *时珍国医国药*, 2002, 13(3): 36-37.
- [29] 孙乙铭, 徐建中, 沈晓霞, 等. 不同品种菊花质量研究[J]. *中国现代应用药学*, 2014, 31(2): 224-227.
- [30] 袁焱, 陈超, 鞠海, 等. 不同产地野菊花挥发油化学成分比较研究[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2009, 15(11): 31-33.
- [31] 孙曙光, 韩永成, 刘伟, 等. 不同产地野菊花挥发油化学成分 GC-MS 比较分析[J]. *河南农业科学*, 2014, 43(7): 116-120.
- [32] 李福高, 邵青, 李凡, 等. 不同物候期杭白菊与其他菊花及野菊花挥发性成分研究[J]. *中草药*, 2008, 39(6): 831-833.
- [33] 纪小燕, 王玉, 丁兆堂, 等. 不同采摘期野生菊花主要功效成分的研究[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(3): 40-44.
- [34] ZHU S Y, YANG Y, YU H D, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of chrysanthemum indicum [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2005, 96: 151-158.
- [35] CHOI H S, KIM G H. Volatile flavor composition of gamguk (chrysanthemum indicum) flower essential oils [J]. *Food Science and Biotechnology*, 2011, 20(2): 319-325.
- [36] 伍振峰, 王赛君, 杨明, 等. 中药挥发油提取工艺与装备现状及问题分析[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2014, 20(14): 224-228.

(责任编辑: 胡燕梅)