

· 综述 ·

半仿生提取法在中药提取中的应用

王秋红, 赵珊, 王鹏程, 王知斌, 匡海学*

(黑龙江中医药大学 中药学教育部重点实验室, 哈尔滨 150040)

[摘要] 提取是中药制药工程的关键环节,直接影响着药品的质量,提取新技术的发展是中药制造工业技术升级转型的关键,关系着中药现代化的进程。作为一种新兴的提取技术,半仿生提取利用“灰思维方式”,根据中药大部分药效成分未知的特点和中药物质基础整体特征,采用模拟口服给药经胃肠道吸收和转运的过程,得到有效成分更高的活性混合物。本文总结了半仿生提取技术在中药提取中的应用,并对近年来出现的新技术(微波、超声波及酶法)辅助半仿生法在中药提取中的应用进行总结,结果表明相对于传统提取技术,半仿生提取技术具有明显的优势,应用前景良好。

[关键词] 中药; 半仿生提取法; 微波法; 超声法; 酶法

[中图分类号] R283.6; R284.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)18-0187-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2016180187

[网络出版地址] <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20160331.1455.026.html>

[网络出版时间] 2016-03-31 14:55

Application of Semi-bionic Extraction Method for Chinese Materia Medica

WANG Qiu-hong, ZHAO Shan, WANG Peng-cheng, WANG Zhi-bin, KUANG Hai-xue*

(Key Laboratory of Chinese Materia Medica, Ministry of Education,
Heilongjiang University of Chinese Medicine, Harbin 150040, China)

[Abstract] As a critical link during pharmaceutical process of traditional Chinese medicine (TCM), extraction is directly related to quality of drugs. So the key to technology transformation and upgrading of pharmaceutical equipment in Chinese materia medica enterprise is development of new extraction techniques, which concerns modernization of TCM. Based on grey mode of thinking, semi-bionic extraction mimics human gastroenteric environments to obtain extracts which contain more active compounds. This paper reviewed application of semi-bionic extraction as well as the emerging techniques (microwave, ultrasonic and enzyme) assisted semi-bionic extraction method in TCM extraction, and found remarkable advantages of semi-bionic extraction by comparing with traditional extraction method.

[Key words] traditional Chinese medicine; semi-bionic extraction; microwave method; ultrasonic method; enzymic method

化学成分是中药发挥预防和治疗作用的物质基础;然而在提取过程中,各类成分之间的增溶、氧化、催化分解等反应影响了中药有效成分的提取及其药效的发挥。基于此,张兆旺与孙秀梅提出了中药口服制剂的半仿生提取法^[1-2];且经过近年来的验证和完善,现已在中药提取方面的发挥了重要作用。该方法

从生物药剂学的角度,将整体药物研究法与分子药物研究法相结合,模拟口服药物经胃肠道转运吸收的环境,采用活性指导下的导向分离方法,能够在不改变中药功效的基础上,促进中药有效成分的溶出,提高中药材的提取率,缩短生产周期,降低成本。

中药并非单体成分,而是众多活性成分的集合,

[收稿日期] 20150723(010)

[基金项目] 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2013CB531801)

[第一作者] 王秋红,教授,博士,从事中药炮制、中药药效物质基础及新药研究, Tel:0451-82195994, E-mail:qhwan668@sina.com

[通讯作者] *匡海学,教授,博士,从事中药及天然药物药效物质基础研究, Tel:0451-82193001, E-mail:hxkuang@yahoo.com

并且其药效发挥不仅与原形成分相关,也取决于提取过程中相互作用产生的代谢物。中药的半仿生提取法是利用控制论的“灰思维方式”[延伸到中药的提取过程,即为单体成分和多种成分(活性混合物)的统一],根据中药大部分药效成分未知的特点和中药物质基础整体特征,以提取物的生物活性为向导,在中药和复方的提取时,模拟口服给药经胃肠道吸收和转运的过程,将中药及复方原料经过固定 pH 的酸性、碱性溶剂依次提取,得到有效成分更高的活性混合物^[5-10]。

尽管传统的中药提取方法(溶剂提取法、水蒸气蒸馏法、升华法及压榨法)在中药制药工业中广泛应用,但由于其普遍存在着不同程度的缺陷,这在一定程度上制约了中药生产和制药行业的现代化^[10-15],见表 1。半仿生提取法依据“有成分论,不

唯成分论,重在机体药效学反应”的观点,能够提高药效物质基础的提取率,不改变中药和方剂原有的功能和主治,缩短生产周期,降低成本,被认为是希望替代传统提取方法的新技术,因而被广泛关注。但传统半仿生提取法主要以水作为提取液,仍利用较高温度进行煎煮,在酸、碱提取时,极易引起中药成分的变化,影响中药的安全性和有效性,制约了如热不稳定性药物在半仿生提取中的应用^[1]。随着超声波、微波以及酶等辅助半仿生提取法逐渐被应用在半仿生提取中,这种可在接近人体温度而无需高温即可将中药药效成分得到最大提取的组合式提取方法,可根据中药的不同特点和目标产物的特性,选择适合的方法进行联合应用,将有效成分尽可能多的提取,更加符合药物在人体内的吸收规律,可适应工业化生产的需要。

表 1 传统提取法与半仿生提取法的比较

Tabel 1 Comparison between traditional extraction method and semi-bionic extraction

提取法	优势	缺点
传统	①操作工艺简单 ②设备价格合理 ③对于设备的要求较低 ④适合工业化生产	①有效成分损失大、工序多、成本高、周期长、易霉变 ②杂质清除率低、提取率低、耗能大 ③某些有效成分(如多糖)易被醇沉除去
半仿生	①缩短生产周期、降低成本 ②不经乙醇沉淀,可避免有效成分损失 ③显著提高药效成分提取率,保持原中药或复方中药原有的功效 ④符合中医治病综合成分相互作用的特点 ⑤符合人体对药物的吸收特性,作用强度大,可制成高效制剂 ⑥可将某些没有生理活性或活性不强的化合物转化为活性化合物或活性增强	①降低热敏性活性成分的提取率,降低药效 ②水煎煮时浸出的成分较复杂,不利于精制 ③高温煎煮过程中,酸、碱环境可能引起药物中某些成分发生物理或化学变化 ④在工业生产中有一定的局限性

1 半仿生提取法

郭志红等^[17]通过正交试验研究了玉米须多糖的半仿生提取工艺,该试验分别选取了最优水提条件(提取时间 2 h,提取温度 80 ℃,料液比 1:35)和最优醇提条件(乙醇体积分数 70%,提取时间 1.5 h,提取温度 90 ℃,料液比 1:15),在水(乙醇)的 pH 分别为 2.0,7.5,8.3 时进行玉米须多糖的半仿生提取,合并滤液测得多糖含量,并分别与传统水提和醇提方法进行比较。结果表明半仿生水提多糖提取量 35.29 mg·g⁻¹,比传统水提法提高了 14.39%;半仿生醇提多糖提取量 49.53 mg·g⁻¹,比传统醇提提高了 19.75%。所得多糖均有抗氧化活性,且半仿生醇提多糖的抗氧化活性比传统醇提多糖更高。刘巧红^[18]利用半仿生提取法对香菇多糖进行了提取,通过数学回归模型的建立,得到了最优提取工艺(pH 分别为 4.2 和 8.6,液料比 21 mL·g⁻¹,提取时间 46 min,提取温度 66 ℃),香菇多糖提取率达 7.35%,

较传统提取法约提高了 30%,并可适应工业化生产。张慧等^[19]利用响应面分析法对复方金钱草的 3 种君药(广金钱草、路路通和车前子)进行了半仿生提取,3 次提取液的 pH 分别为 4.0,7.0,8.5,提取温度 100 ℃,液料比 35 mL·g⁻¹,提取 3 次,总提取时间 2.5 h。在此条件下,总黄酮质量分数 9.91 mg·g⁻¹,优于水煎煮法;庞中磊等^[20]对柚皮总黄酮进行了半仿生提取工艺研究,以柚皮总黄酮提取量为考察指标,在单因素试验和正交试验基础上,分别以 pH 7.5,8.0 的磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲液和 pH 2.5 盐酸为提取液,结果柚皮总黄酮提取量 50.65 mg·g⁻¹;杨芙莲等^[21]以总黄酮提取量为考察指标,研究蜂胶总黄酮的半仿生提取法的工艺,结果总黄酮提取量 25.08 mg·g⁻¹;王蕙等^[22]将酶法及半仿生提取法的最优工艺分别应用于银杏叶黄酮的提取,结果总黄酮提取量 6.37 mg·g⁻¹;而利用乙醇-水为溶剂的半仿生法提取的银杏叶黄酮总量 6.46 mg·

g^{-1} , 提取效果较好, 提取率高。由于半仿生提取法不仅能在很大程度上将有效成分提取出来, 还能适应中药(复方)本身和制剂的发展, 近年来已成功将其应用于中药及其复方, 如叶下珠总黄酮^[23]、柿叶黄酮^[24]、葛根复方黄酮^[25]等的提取中。

2 半仿生联合应用提取法

2.1 超声辅助半仿生提取法 这种组合式提取方

表 2 半仿生联合应用提取法的比较

Table 2 Comparison among semi-bionic combination extraction methods

提取法	优点	技术难点	适用范围
超声辅助半仿生	①提取温度低, 避免高温对有效成分的影响 ②增强溶剂渗透力, 节约溶剂、降低成本、缩短提取时间、提高提取率	生产设备的微波泄露问题	坚硬的固体药材及热敏性成分
微波辅助半仿生	①耗能低、提取时间短、溶剂耗量少、选择性高、提取率高 ②可克服药材细粉易凝聚易焦化的弊病	①提取过程中超声的噪音污染问题 ②工业生产超声场能量的均匀分布	不适用于热敏性物质的提取
半仿生-酶	①按人体温度、酶等相似环境条件进行提取, 避免高温破坏药效活性成分而降低药效 ②有利于活性物质的浸出和生物转化 ③提高有效成分的提取率, 改善有效组分的分布 ④接近药物在人体内的过程, 体现中药整体作用	①需要严格控制酶的温度及 pH 值, 对生产条件及实验设备要求高 ②难以判断所提取药物成分是否抑制酶的活性, 影响提取率 ③提取后酶类物质的去除	提取温度 37 ~ 60 ℃, 可用于热敏性成分的提取

超声提取法是利用超声波的空化效应、机械效应、热效应, 加之粉碎、搅拌等综合作用, 使分子内部温度迅速升高, 增大物质分子运动频率和速度, 增加溶剂穿透力, 从而提高目标成分浸出率的方法。由于中药的大多活性成分存在于植物细胞中, 故利用有机械振动作用的超声波提取法与半仿生提取联用, 可降低细胞壁的影响, 提高活性成分提取率^[26-27]。陈桂等^[28]利用超声辅助半仿生提取半枝莲总黄酮, 通过单因素试验得到最佳超声条件为超声功率 60 W, 提取时间 30 min, 提取温度 60 ℃, 液料比 30 mL·g⁻¹; 以 60% 乙醇为提取液, 半仿生提取分别以盐酸和磷酸氢二钠-柠檬酸缓冲液将提取液 pH 调节为 2.0 和 7.5 进行超声提取 1 次, 合并滤液, 此条件下半枝莲总黄酮的提取率 2.14%。于有伟等^[29]在单因素试验基础上, 通过正交试验对羽衣甘蓝叶黄素的多种提取方法进行优化, 结果发现浸提法的提取率最低, 其次为单一半仿生提取法、先超声后半仿生提取法、单一超声波提取法, 而超声波协同半仿生提取法的提取率最高, 该最优工艺以无水乙醇为提取剂, 液料比 25 mL·g⁻¹, 起始 pH 5.5, 超声功率 240 W, 提取时间 15 min, 叶黄素提取量达 0.247 mg·g⁻¹。

2.2 微波辅助半仿生提取法 微波提取主要利用了微波的热特性, 可使细胞内的极性物质吸收微波能量产热, 尤其使水等极性物质气化而破坏细胞壁,

法可在接近人体温度且无需高温时, 即可将中药药效成分达最大提取量。在实际应用中, 可根据中药的不同特点和目标产物的特性, 选择适合的方法进行联合应用, 将有效成分尽可能多的提取, 更加符合药物在人体内的吸收规律, 适合工业化生产的需要, 推进中药制剂的应用和发展。半仿生联合应用提取法的比较见表 2。

将细胞内的物质释放出来^[30]。该提取法代替传统的加热提取法, 可缩短中药材的提取时间, 提高有效成分的提取纯度^[31], 与半仿生法联合提取, 可减少提取剂用量, 有效地避免长时间加热而造成的有效成分破坏, 降低实验成本。倪峰等^[32]利用均匀设计法优化了藤茶的微波辅助半仿生工艺, 以水为提取溶剂, pH 分别为 6.0, 7.5, 9.0, 相应的微波提取时间分别为 3, 1.5, 1.5 min, 合并提取液, 通过 HPLC 测得指标成分蛇葡萄素的平均质量浓度 5.12 g·L⁻¹, 相比单一微波提取方式, 微波辅助半仿生提取法的提取量增加了 60%。马涛等^[33]以多糖得率为考察指标, 采用响应面法优化五味子粗多糖的微波辅助半仿生提取工艺条件, 结果表明五味子多糖的提取率 14.70%, 高于传统的水提醇沉法。

2.3 半仿生-酶法 中药经口服进入人体后, 其消化和吸收除了 pH 的调节外, 还有多种酶在起着催化作用, 半仿生-酶法是建立在半仿生提取法基础上, 在中药的提取过程中加入适当的酶以破坏细胞结构, 从而加快有效成分溶出的一种新提取方法^[3]。较传统半仿生提取法而言, 该方法可加快有效成分的溶出、提高提取效率、缩短提取时间等。由于酶的参与, 该方法的提取温度一般在 37 ~ 60 ℃, 尤其适用于热不稳定性成分的提取^[14, 34]。

半仿生-酶法对三萜皂苷类^[35-39]、糖苷类^[40]、酚酸类^[41-42]、黄酮类^[43]及生物碱类^[44-45]的研究文献

均有报道。在对复方药与单味药的研究中,与其他传统溶剂提取法相比,半仿生-酶法提取不同有效成分都有一定优势。蔡华等^[42]对房陵丹参水溶性成分进行半仿生-纤维素酶提取法的工艺优选,第 1,3 次提取的 pH 分别为 2.0,8.0,提取时间依次为 1.0,1.5 h,加热回流;第 2 次酶法提取以丹酚酸 B 得率、总酚酸得率和干浸膏收率为综合评价指标,得酶法提取的最佳工艺为料液比 22 mL·g⁻¹,水解酶用量 3 mg·g⁻¹,酶解温度 50 ℃,酶解时间 2 h。

魏馨怡等^[43]对鹿衔草中总黄酮的酶联半仿生法提取工艺进行了优化,与传统醇提法相比,总黄酮提取率明显提高,达 5.54%。陆世惠等^[44]优选了两面针的超声-酶法辅助半仿生提取工艺条件,结果氯化两面针碱和总生物碱得率与乙醇回流法接近或稍低,而干膏收率显著提高,为两面针的工业化生产提供了参考。王淑玲^[35]和孙福东^[36]采用不同溶剂法提取半夏白术天麻汤中天麻素及甘草次酸时,结果以半仿生-酶法为最优。

不同种类酶对中药材有效成分提取也有一定的影响。薛璇玑等^[45]研究发现半仿生-酶法在拐枣七的总生物碱提取中,半仿生-复合酶提取法得到的总生物碱含量比单一半仿生法提高了 29.30%,比复合酶提取法提高 15.40%;半仿生-纤维素酶法得到的总生物碱含量比半仿生法提高 6.30%,比纤维素酶提取法提高了 15.20%;半仿生-β-葡聚糖酶法得到的总生物碱含量比半仿生法提高了 3.90%,比 β-葡聚糖酶法提高了 58.00%。宁颖等^[46]、于海宁等^[47]分别采用均匀设计法优选菱壳和杭白菊中抗胃癌活性成分的半仿生-酶法提取工艺,结果证实胃蛋白酶和胰蛋白酶均可影响提取物的抗胃癌活性。宋宏新等^[37]比较了不同种类酶对三七皂苷类成分半仿生-酶法提取工艺的影响,并进行了正交试验优化。结果表明半仿生-α-淀粉酶酶解提取三七皂苷的方法最经济有效。杨光义等^[41]在对丹参水溶性成分的提取研究中发现半仿生-纤维素酶法所得综合评价指标最优。此外,戴柳江等^[48]探讨了半仿生-酶法在提取不同中药及成分中的应用,证实了半仿生-酶法更加适用于水溶性成分的提取。

3 结语与展望

传统中药提取方法主要存在 2 个问题:①对中药及复方的提取以单体化学成分的理化性质为参考,选择适宜溶剂和方法进行提取,如生物碱类、糖苷类、挥发油等,但此种方法忽视了药物成分的层次性和联系性,无法体现中药及复方的整体作用,也不

符合中医临床用药思维;②通常采用水提醇沉法,该法能提取多数药物成分,其提取的有效部位能够代表或部分代表原方剂的疗效,有利于发挥其综合功能,符合中医用药特点,然而这种工艺对有些成分的提取并不适用,如游离生物碱并不溶于水,再比如采用醇沉可能会除去多糖类成分,而有些在水提液中含有量不高的成分经几次醇沉处理后,有一部分可能被沉淀滤除。

半仿生提取模拟药物在胃肠道的转运过程,能够充分发挥混合物成分的综合作用特点,有利于以单体成分来控制提取物质量,同时也符合体内药物代谢、发挥药效的过程。尤其是对于作用物质基础不明确而又疗效确切的药物,半仿生提取法更能确切反应药物真正的药效物质基础。且随着包括酶催化等新技术的引入,提取温度改为接近人体的温度,模拟人工胃和人工肠为基础环境,克服了传统半仿生提取法高温煎煮易破坏有效成分的缺点。这些均可探索中药新药研究与开发的现代化新方法提供帮助。此外,对于半仿生提取技术,其在工业化生产尚无实例,其能否进行更大范围的推广应用,需结合药品的安全性、有效性、稳定性及可控性进行深入研究。目前尚无用于半仿生提取的专业设备,这也表明半仿生提取技术仍然仅限于实验室研究,对于其深入的转化和应用仍显不足,这需要研究人员考虑这项技术在工业上的设备放大与配套,从而最终让这一技术应用于工业生产中。

[参考文献]

- [1] 韦建荣,王真,万近福,等.从文献分析看半仿生提取技术在中药提取中的应用[J].时珍国医国药,2010,21(10):2648-2650.
- [2] 张兆旺,孙秀梅.试论“半仿生提取法”制备中药口服制剂[J].中国中药杂志,1995,20(11):670-673.
- [3] 张俊龙,郭蕾,李钦青,等.半仿生提取法应用的研究进展[J].山西中医学院学报,2013,14(4):73-75.
- [4] 贾立革,刘锁兰,李秀青,等.中药提取分离新技术的研究进展[J].解放军药科学学报,2004,4(4):279-283.
- [5] 仲晓宁,由佳,李明举,等.中药提取新技术半仿生提取法刍议[J].中兽医学杂志,2010,156(5):43-44.
- [6] 黄良永,孟斐,杨光义.均匀设计法优选连翘半仿生提取工艺[J].中国药师,2014,17(10):1633-1636.
- [7] 刘明言,王帮臣.用于中药提取的新技术进展[J].中草药,2010,41(2):169-175.
- [8] 罗兰.半仿生提取法在中药配方颗粒制备中的研究进展[J].海峡药学,2010,22(4):12-14.
- [9] 杨光义,叶方,王刚,等.半仿生提取法在中药新药研究中的应用[J].中国药师,2010,13(8):1188-1190.

- [10] 陈良华. 中药有效成分提取技术现状[J]. 中国民族民间医药, 2014, 22(3): 14-16.
- [11] 王艳芳, 刘亚林, 李世财, 等. 中药有效成分提取方法的衍变与发展[J]. 中兽医学杂志, 2014, 185(10): 38-40.
- [12] 刘扬. 中药有效成分分析的新方法新技术研究[D]. 上海: 复旦大学, 2012.
- [13] 张延妮, 岳宣峰. 中药有效成分提取方法及其新进展[J]. 陕西农业科学, 2006(5): 65-67.
- [14] 陈栋, 周永传. 酶法在中药提取中的应用和进展[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(2): 99-101.
- [15] 刘昱霞, 王淑玲, 郭婕, 等. 中药提取方法概论[J]. 中国药业, 2008, 17(16): 2-3.
- [16] 韩磊, 向云霞, 徐磊. 中药提取工艺研究概述[J]. 新疆中医药, 2011, 29(3): 82-85.
- [17] 郭志红, 周鸿立. 玉米须多糖和黄酮的半仿生提取及抗氧化活性[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(4): 273-276.
- [18] 刘巧红. 香菇多糖提取新工艺研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [19] 张慧, 谭秋龙, 黎行山, 等. 结合响应面分析法优化复方金钱草中君药的半仿生提取工艺[J]. 广东药学院学报, 2013, 29(1): 29-34.
- [20] 庞中磊, 唐文. 陈皮总黄酮半仿生提取工艺研究[J]. 上海应用技术学院学报: 自然科学版, 2012, 12(1): 6-8.
- [21] 杨芙莲, 王伟娜. 蜂胶总黄酮半仿生提取工艺研究[J]. 粮食与油脂, 2009(5): 42-44.
- [22] 王蕙, 付燕, 郎久义, 等. 酶法及半仿生法提取银杏黄酮的工艺研究[J]. 辽宁中医药大学学报, 2009, 11(2): 146-148.
- [23] 蓝峻峰, 谢济运. 叶下珠总黄酮的半仿生提取工艺[J]. 中成药, 2012, 34(4): 742-744.
- [24] 孙彩云, 柳鑫华, 王庆辉, 等. 半仿生提取柿叶黄酮及其抗氧化和抗菌作用[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(10): 115-118.
- [25] 霍丹群, 刘佳, 张伟, 等. 正交实验优选葛根复方的半仿生提取工艺[J]. 中成药, 2004, 26(2): 12-15.
- [26] 钟玲, 尹蓉莉, 张仲林. 超声提取技术在中药提取中的研究进展[J]. 西南军医, 2007, 9(6): 84-87.
- [27] 秦梅颂. 超声提取技术在中药中的研究进展[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(13): 54-55.
- [28] 陈桂, 刘跃进, 肖翠. 超声辅助半仿生提取半枝莲总黄酮的实验研究[J]. 湘潭大学自然科学学报, 2014, 36(2): 77-80.
- [29] 于有伟, 武瑞芝, 王向东. 超声波协同半仿生法提取羽衣甘蓝叶黄素工艺优化研究[J]. 陕西农业科学, 2012(3): 3-6.
- [30] 汪杰, 刘祖德, 王忠. 微波提取中药有效成分的应用及比较[J]. 武警医学, 2004, 15(5): 379-381.
- [31] 朱晓薇, 郭俊华, 陈志娟, 等. 中药微波提取的初步研究及微波提取特点分析[J]. 天津中医药, 2003, 20(4): 65-66.
- [32] 倪峰, 黄仁杰. 微波辅助半仿生法提取藤茶的工艺优选[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(18): 27-29.
- [33] 马涛, 毛红燕, 石太渊, 等. 五味子多糖的微波辅助-半仿生法提取工艺优化[J]. 中国食品学报, 2011, 11(1): 98-105.
- [34] 张卉, 赵婷婷, 戴柳江, 等. 半仿生-酶法提取甘草中甘草酸的工艺研究[J]. 中国现代应用药学, 2013, 30(9): 969-972.
- [35] 王淑玲. 半夏白术天麻汤用半仿生-生物酶法提取的系统研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2009.
- [36] 孙福东. 用“半仿生-生物酶法”对半夏白术天麻汤的实验研究(一)[D]. 济南: 山东中医药大学, 2008.
- [37] 宋宏新, 刘静, 张彦娟. 半仿生酶法提取三七皂苷工艺研究[J]. 中草药, 2009, 40(6): 905-907.
- [38] 刘天易. 用“半仿生-生物酶法”对二陈汤的试验研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2012.
- [39] 王淑玲, 张兆旺, 孙秀梅, 等. 半仿生-酶法提取的半夏白术天麻汤中甘草酸的含量测定[J]. 承德医学院学报, 2008, 25(2): 119-120.
- [40] 孙福东, 孙秀梅, 张兆旺, 等. 半仿生-酶法提取半夏白术天麻汤中天麻素的含量测定[J]. 中华中医药学刊, 2008, 26(8): 1823-1825.
- [41] 杨光义, 叶方, 黄良永, 等. 丹参水溶性成分半仿生-生物酶提取方法比较研究[J]. 中国药师, 2010, 13(9): 1244-1247.
- [42] 蔡华, 杨光义, 叶方, 等. 正交试验优选房陵丹参水溶性成分半仿生-纤维素酶提取工艺[J]. 中国药房, 2011, 22(3): 222-224.
- [43] 锥馨怡, 陈晓辉, 毕开顺, 等. 响应面法优化鹿衔草总黄酮的酶联半仿生法提取工艺[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(12): 19-22.
- [44] 陆世惠, 李秀霞, 卢红梅, 等. 两面针的超声-酶法辅助半仿生提取工艺优选[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(16): 11-14.
- [45] 薛璇玑, 郭增军, 戴柳江, 等. 半仿生酶法提取拐枣七总生物碱工艺研究[J]. 现代中药研究与实践, 2014, 28(3): 48-51.
- [46] 宁颖, 于海宁, 周新妹, 等. 均匀设计法优选菱壳中抗胃癌成分的半仿生提取工艺[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2011, 37(3): 332-337.
- [47] 于海宁, 孙晨, 单伟光, 等. 杭白菊中抗胃癌活性成分的半仿生提取[J]. 浙江工业大学学报, 2012, 40(6): 630-633.
- [48] 戴柳江, 张卉, 李梦怡, 等. 半仿生-酶法提取中药不同成分的比较研究[J]. 西北药学杂志, 2014, 29(4): 331-335.

[责任编辑 刘德文]