

麝香及其代用品人工麝香质量评价方法研究进展*

罗云, 杨明, 廖正根**, 张婧, 赵海平

(江西中医药大学 现代中药制剂教育部重点实验室, 南昌 330004)

摘要: 麝香为珍稀名贵中药材之一, 有很高的药用价值和经济价值, 其质量攸关临床用药的安全性和有效性。目前, 野生麝香极为稀缺, 价格昂贵, 掺伪严重, 大部分中成药只能以人工麝香代用, 家养麝活体取香发展迅速, 因而高效的质量评价方法对于保证麝香及其代用品质量至关重要。本文对近年有关麝香质量评价文献进行了分析、归纳和整理, 以为麝香质量评价提供参考。红外光谱、电子鼻、气相色谱、高效液相色谱、电感耦合等离子体质谱、原子吸收光谱、分子生物学鉴定及生物活性评价等现代分析技术已广泛用于麝香的质量评价, 麝香及其代用品的质量评价方法已由常规的性状、显微、理化鉴别及单一指标成分含量测定, 向多指标活性成分含量测定、化学指纹图谱、分子生物学、生物活性检测等综合性评价方法发展。随着家养麝规模的快速扩张, 不同品种、产地、饲养条件、生长年限、采收时间等生产过程控制因素对麝香质量的影响有待系统研究。

关键词: 麝香; 人工麝香; 检测方法; 质量评价; 分析技术; 中药材; 生产控制

中图分类号: R 917

文献标识码: A

文章编号: 0254-1793(2017)01-0013-07

doi: 10.16155/j.0254-1793.2017.01.02

Research progresses on quality evaluation methods for musk and its alternative*

LUO Yun, YANG Ming, LIAO Zheng-gen**, ZHANG Jing, ZHAO Hai-ping

(Key Laboratory of Modern Preparation of TCM, Ministry of Education,
Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330004, China)

Abstract: Musk is a rare and expensive traditional Chinese medicine, which has high medicinal and economic values. Its quality is related to the clinical safety and efficacy. Currently, wild musk was extremely scarce, expensive and adulterated seriously. Most Chinese medicines could only use artificial musk, and domestic musk deer living developed rapidly. Efficient quality evaluation methods are important for quality assurance of musk and its alternative. Relevant literature of musk quality evaluation in recent years were analyzed and summarized in this paper, so as to provide a reference for quality assessment of musk. IR, electronic nose, gas chromatography, high performance liquid chromatography, inductively coupled plasma mass spectrometry, atomic absorption spectroscopy, molecular identification and biological activity evaluation had been widely used for quality

* 国家自然科学基金(81460600); 江西省青年科学基金项目(20142BAB215063)

** 通信作者 Tel:(0791)87118658; E-mail: lyzlyg@163.com

第一作者 Tel:(0791)87119027; E-mail: luoyunn@163.com

assessment of musk. Quality evaluation method of musk and its alternative had developed from conventional traits discrimination, microscopic, physical and chemical identification and single component assay to multi-index active ingredients assay, chemical fingerprint, molecular biology and biological activity testing. With the rapid expansion of the size of domestic musk deer scale, the influence of different control factors such as different varieties, origin, feeding conditions, growth time, harvest time and other factors on the quality of musk should be studied systematically.

Keywords: musk; artificial musk; detection method; quality evaluation; analysis techniques; Chinese herbal medicine; production control

麝香为鹿科动物林麝 *Moschus berezovskii* Flerov、马麝 *Moschus sifanicus* Przewalski 或原麝 *Moschus moschiferus* Linnaeus 成熟雄体香囊中的干燥分泌物,始载于《神农本草经》,已有 2000 多年药用历史。其性温,味辛,归心、脾经,具有开窍醒神、活血通经、消肿止痛等功效,临床广泛用于热病神昏、中风痰厥、气郁暴厥、中恶昏迷、经闭、癥瘕、难产死胎、胸痹心痛、心腹暴痛、跌扑伤痛、痹痛麻木、痈肿瘰疬、咽喉肿痛等症^[1]。

麝香是一味珍稀名贵中药材,且多靠野外杀麝取香。近几十年来,国际香料市场和医药行业对麝香的需求量大增,滥捕滥杀和栖息地破坏,导致我国野麝总量已锐减至 6 万~7 万头^[2],成为濒危物种,被列为国家一级保护动物。为保护麝资源和满足医药行业需要,我国从 1958 年开始,陆续在四川马尔康、陕西镇坪、安徽佛子岭等地开展了野麝人工驯养、活体取香研究,到 2011 年,全国养麝规模已达 8 400 余头,年产麝香约 40 kg,但远不能满足每年 500 kg 以上的需求^[3]。为此,国家卫生和计划生育委员会组织多家机构,经 20 多年协同攻关,于 1993 年成功研发了天然麝香的代用品人工麝香。人工麝香的主要药理作用、物理性状与天然麝香相似,可与天然麝香等同配方使用^[4],但在一些治疗急重症药品如安宫牛黄丸、片仔癀、醒脑静注射液等中,尚不能完全替代天然麝香使用。

麝香基源品种多,产地多,野生麝香、饲养麝香和人工麝香同用,同时由于价格昂贵,掺伪现象非常严重,导致麝香质量参差不齐且难以控制。高效的质量评价方法对于保证麝香及其代用品质量至关重要。为此,本文对麝香及其代用品的质量评价方法研究现状进行综述,以期对麝香质量评价和控制提供参考。

1 麝香的真伪鉴别

真伪鉴别对于保证麝香的质量具有重要的作用。麝香掺伪手段和方式不断推陈出新,现代的鉴别方法也在不断发展和完善,为保证麝香质量提供了方法和技术。麝香鉴别方法除常规的性状鉴别、经验鉴别、显微鉴别、薄层鉴别及理化鉴别外,近年来也涌现出一些新的方法。

1.1 现场快速显微鉴别法 显微鉴别因简易直观,又能迅速区分麝香的真伪,故而沿用至今。麝香仁粉末呈棕褐或黄棕色,可见无数淡黄或淡棕色无定形颗粒状物集成的半透明或透明团块;团块中包埋或散在有方形、柱状、八面体或不规则晶体,并可见圆形油滴,偶见毛和内层皮膜组织;不得检出动植物组织、矿物和其他掺伪物^[1]。傅颖等^[5]根据显微特征对麝香真伪进行快速鉴别,发现国产野生麝香、进口俄罗斯麝香、国产饲养麝香的显微特征与麝香对照药材相似,而人工麝香和麝香伪品与对照药材有明显差别,为麝香鉴别提供了简易快速的依据。

1.2 薄层色谱法 薄层色谱具有操作方便、设备简单、展开速度快、直观等特点。吴芬宏等^[6]用超声、冷浸和热回流 3 种提取方法及乙醇、乙醚、正己烷 3 种溶剂提取的麝香脂溶性成分,经薄层色谱后均呈现 6 或 7 个斑点。李方等^[7]以 2,4-二硝基苯肼显色,发现正品麝香在与麝香酮薄层色谱相同的位置上显相同颜色斑点,而进口麝香无此斑点。

1.3 气相色谱法 气相色谱法(GC)常用于挥发性成分的分析,具有操作简便,样品消耗少,定性结果可靠等优点,与质谱(MS)联用可鉴别化合物结构,为成分复杂的中药提供了简便快捷的鉴别方法。麝香酮是麝香的有效成分之一,中国药典 2015 年版采用 GC 法鉴别麝香中的麝香酮。吴芬宏等^[6]采用 GC 比较不同提取方法和溶剂对麝香脂溶性成分及麝香酮

含量的影响,结果乙醚提取液色谱峰比乙醇和正己烷的提取液色谱峰更多,超声提取效果比冷浸和热回流好,采用冷浸法测得的麝香酮含量高于超声和热回流。梁颖等^[8]采用 GC-MS 对天然麝香与人工麝香多个特征性成分进行定性鉴别,结果麝香吡啶和 3-甲基环十三酮为鉴别天然麝香和人工麝香的专属成分。杨弘等^[9]采用 GC-MS 对野生国产麝香、进口麝香和家养国产麝香中 13 个组分定性分析,结果麝香醇溶性成分主要是大环化合物及脂肪酸类、雄甾酮和胆固醇类化合物,野生国产麝香的色谱峰数量及种类和对照药材相同,进口麝香色谱峰数量、种类和对照药材有区别,家养国产麝香色谱峰数量、种类和对照药材基本相同,响应值略低,为麝香质量判断提供了可靠的依据。张皓冰等^[10]采用 GC-MS 测定不同种类麝香中的甾体成分,结果表明甾体激素的种类及含量对麝香种类和真伪优劣的判断尤其重要。汪雨等^[11]采用 GC-MS 对麝香乙醇提取物定性分析,结果天然麝香含有麝香酮及多种甾体类化合物,而部分市售麝香仅含麝香酮,几乎不含甾体类化合物。魏刚等^[12]采用 GC-MS 比较了麝香醚提、醇提、水提液的化学成分,共鉴定了 23 个化合物,3 种溶剂均可提出麝香酮,乙醚提取物以烷烃类为主,乙醇和水提物含有较多的甾体类、脂肪酸酯与胆甾醇类化合物。魏宁漪等^[13]采用 GC-MS 和顶空进样、固相微萃取鉴定出伪品麝香含有樟脑、龙脑、苯甲酸、苯酚、液体石蜡等性状和显微鉴别无法鉴定的新掺伪物质。刘薇等^[14]采用 GC-MS 鉴别西黄丸中的人工麝香,以人工麝香对照物质为参照,经过专属性、重复性、耐用性及稳定性实验验证,方法准确、可靠、实用,可作为以人工麝香为原料的西黄丸质控指标之一。

1.4 红外光谱法 傅里叶红外光谱法 (FTIR) 具有宏观、整体、直接、方便、快速、无损等优点,现已被广泛地应用于各个领域,尤其是中药真伪优劣的快速鉴别。周健等^[15]采用 FTIR 结合二阶导数技术,测定天然麝香及其伪品的红外光谱,比较红外光谱的峰形、峰位,可有效区分不同品种的麝香,直观有效地鉴别正品和伪品麝香,为名贵药材的来源与真伪鉴别提供了新的手段。

1.5 荧光光谱法 荧光光谱法具有简便、快速,灵敏度高,试样量少等特点。李峰等^[16]采用荧光光谱法对麝香进行鉴别,正品与伪品麝香的荧光光谱有明显差别,为麝香等名贵中药材的鉴别提供了一种可行的

鉴别方法。

1.6 扫描电镜法 扫描电镜具有制样简单,放大倍数可调范围宽,图像的分辨率高,景深大等特点。倪荷芳^[17]等采用扫描电镜对不同麝种所产麝香和掺伪品进行鉴别,结果麝香腺囊腺泡细胞分泌物、香囊皮脂腺分泌的皮脂呈堆叠团块状,安徽原麝、陕西林麝、广西林麝麝香电镜结构相似,伪品中熟麝肝与麝香相似,麝血与麝香差异明显,表明扫描电镜能准确可靠地鉴别麝香。

1.7 电子鼻 香气是否正宗浓郁,是麝香真伪优劣的一个重要标志,但靠人的嗅觉感官鉴别主观性较强,误差较大。电子鼻利用气体传感器阵列的响应图案来识别气味,具有客观、可定量的特点,已用于食品、烟草、发酵产品、香精香料等产品质量检测等。Ye 等^[18]采用电子鼻氧化物传感器联合主成分分析和载荷分析,建立了一种快速、经济、客观的麝香正品、伪品和掺假品鉴别方法,表明电子鼻可快速和在线控制中药质量。

1.8 聚丙烯酰胺凝胶电泳 麝香多肽和蛋白质是其抗炎的活性成分之一。徐康森等^[19]采用聚丙烯酰胺凝胶电泳比较家、野麝香水溶性成分,发现家、野麝香水溶性成分主要含有多肽或小分子蛋白,并含微量还原糖及核酸,家香有 5 条电泳区带,野香为 7 条,在此基础上进一步用高效液相色谱法 (HPLC) 和快速蛋白液相色谱 (FPLC) 及氨基酸分析,证明两者水溶性成分主成分十分相近,仅在含量上有一定差别。

1.9 化学特征图谱 化学特征 (指纹) 图谱具有整体性和模糊性的特点,能较全面反映中药质量,已成为中药质量评价的有效手段。洪筱坤等^[20]采用液晶 b-PBPeb 固定液,同时分析麝香乙醚提取液中雄酮类激素、麝香酮和胆固醇等组分,建立了麝香气相色谱-相对保留值指纹谱,并对 13 批进口麝香比较分析,结果令人满意且简便易行。吴芬宏等^[21]选定 16 个共有峰,以相对保留时间和相对峰面积为评价指标,建立林麝麝香指纹图谱,结果 10 份正品林麝麝香的气相色谱图谱相似度均大于 0.9,表明该指纹图谱反映了麝香挥发性成分的全貌,具有较好的稳定性、重复性和专属性,可作为麝香鉴别的方法之一。张萍等^[22]采用 HPLC 法建立人工麝香特征图谱,对 10 批人工麝香样品进行相似度分析,相似度为 0.999~1.000,表明人工麝香样品批间重现性较好,工艺稳定,该方法简便、准确、可靠。

1.10 分子生物学鉴定 DNA条形码是一种新兴的生物分类学技术,尤其适用于来源为生物体部分组织或器官的中药材真伪鉴定,特别是线粒体 COI 基因对动物界绝大多数物种存在显著的序列变异,能够有效鉴定物种。杜鹤等^[23]利用 COI 基因序列对麝香及其混伪品进行 DNA 分子鉴定,结果麝香种内 COI 序列变异很小,种间存在较多的变异位点,种间遗传距离显著大于种内遗传距离,正品与混伪品区分明显,表明 DNA 条形码能准确鉴定麝香正品及混伪品,为麝香鉴别提供了新方法,尤其适用于动物来源的掺伪品鉴别。

2 麝香的质量优劣评价

2.1 紫外可见分光光度法 紫外可见分光光度法常用于大类成分的含量测定,如总黄酮、总皂苷、多糖等。何泽超等^[24]采用分光光度法测得诱导麝香中游离胆固醇和酯态胆固醇含量平均值分别为 1.09% 和 1.35%,自然麝香中分别为 1.01% 和 1.29%,表明诱导麝香与自然麝香中胆固醇的存在状态和含量基本一致。严修琼等^[25]测得我国 7 个产区麝香的醚溶性部位胆固醇含量为 0.78%~1.19%,胆固醇酯含量为 0.35%~2.42%,且胆固醇酯含量与麝香酮含量似有一定相关性。

2.2 薄层扫描法 何泽超等^[26]采用凝胶薄层扫描法测定诱导麝香和自然麝香中麝香酮含量,结果诱导麝香与自然麝香中的麝香酮含量无明显差异,为诱导麝香与自然麝香同等入药提供了科学依据。俞波等^[27]采用高效薄层扫描测定麝香中 8 个雄甾烷类化合物,方法的稳定性、线性、精密度均较好。林明美等^[28]采用双波长薄层扫描测定天然麝香及其制剂中麝香酮含量,方法迅速、简便,选择性高,特征图谱清晰。

2.3 GC 法 GC 法是目前最为常用的麝香质量评价方法,中国药典 2015 年版采用 GC 法测定麝香中的麝香酮,规定按干燥品计算,含麝香酮不得少于 2.0%。严修琼等^[29]采用 GC 测定不同产地麝香中麝香酮和雄性激素的含量,结果我国 7 个地区麝香中麝香酮和总雄性激素的平均含量分别为 3.51% 和 0.51%,质量较好。李硕等^[30]采用 GC-MS 探索麝龄对麝香中麝香酮含量的影响,发现 3 年生麝所产麝香中麝香酮含量最高,7 年生麝所产麝香中麝香酮含量最低,表明随着年龄增长,麝所产麝香中麝香酮的含量呈下降趋势,1~3 年生麝所产麝香质量最

好。苏国义等^[31]采用 GC-MS 确定了林麝麝香中的 16 种甾体成分,并同时测定了胆固醇、苯胆烷醇酮及麝香酮的含量,结果显示所有样品中麝香酮含量均较高,但甾体成分含量波动较大。张皓冰等^[32]采用 GC-MS 测定天然麝香及人工麝香中麝香酮、雄甾酮及胆固醇含量,结果人工麝香中仅含 2 种雄性激素,雄甾酮含量远高于天然麝香,胆固醇含量远低于天然麝香,而雄甾酮并非天然麝香主要性激素。白静等^[33-34]采用 GC 测定人工麝香中麝香酮的含量,线性关系及重复性良好,方法稳定,结果准确可靠,可作为人工麝香质量控制的方法。刘艳南等^[35]采用 GC 测定麝香和麝香注射剂中麝香酮和雄甾烷含量,以正十九烷为内标测定麝香酮,以 5 α -雄甾烷-3,17-二酮、5 β -雄甾烷-3,17-二酮和 Δ^4 -雄甾烯-3,17-二酮为指标,测定雄甾烷类氧化产物,制定了麝香原料和麝香注射剂质量标准,简便易行、重现性好。张芳等^[36]采用手性气相毛细管柱拆分麝香酮消旋体,并测定天然麝香和人工麝香中麝香酮的含量,结果表明方法可有效拆分(S)-和(R)-麝香酮,并能有效控制麝香质量。

2.4 HPLC 法 HPLC 法具有快速、简便、灵敏、准确、重复性好等特点,且可与 MS、蒸发光散射(ELSD)等检测设备联用。吴悦等^[37]采用 2,4-二硝基苯胍衍生化 HPLC 分析测定麝香酮含量,提高了麝香酮与其他杂质的分离度,最小检出量可达 4 ng,结果准确,重现性好,并可同时分析麝香中 2 种主要激素。Jin 等^[38]建立了 HPLC-ELSD 快速直接测定麝香中麝香酮的方法,该方法快速、简便、重复性好,避免复杂的衍生化,可用于麝香及相关产品中麝香酮含量测定。

2.5 单扫描极谱法 麝香酮在酸性条件下,与苯胍反应生成的衍生物具有电活性,在氯化钠介质中,于 -800 mV 产生 1 个尖锐、对称且稳定的极谱峰。何易玲等^[39]采用单扫描极谱法测定天然麝香中的麝香酮,方法快捷、简便易行。

2.6 电子探针法 电子探针具有无损、用量小、简便、快速、准确,且不受试剂干扰等特点,尤其适用于贵重中药的分析。陈建伟等^[40]采用电子探针快速测定麝香中的无机元素,结果麝香中主要含有 10 种人体必需元素和有益元素,以 Cl、S、K、Na 含量为高,所测 3 个批号的麝香中均含有较高量的 Ag。

2.7 电感耦合等离子体质谱法 电感耦合等离子体

质谱法是以等离子体为离子源的一种质谱型元素分析方法,灵敏度高,尤其适用于各类药品痕量重金属元素的测定。刘薇等^[41]采用电感耦合等离子体质谱法测定人工麝香中 5 种有害重金属 Pb、Cd、As、Hg、Cu 含量,结果表明,人工麝香中 5 种重金属含量较低,符合药品质量安全的要求。

2.8 原子吸收光谱法 原子吸收光谱法是一种基于测量蒸气中原子对特征电磁辐射的吸收强度,测定呈原子状态的金属元素和部分非金属元素的分析方法。张丽萍等^[42]采用原子光谱法测定麝香总灰分微量元素含量,结果麝香总灰分中部分微量元素的含量由高至低的顺序为 Na、Mg、K、Ca、Cu、Fe、Mn、Zn、Cr、Hg、Pb、Cd、As 未检出。

2.9 生物活性评价 生物测定是利用生物体包括整体动物、离体组织、器官、细胞、微生物、酶等评价药物生物活性的一种方法,将生物测定引入中药质量评价体系,不仅可以评价中药质量的真伪优劣,而且可以评价药效,尤其对结构复杂,理化方法不能测定其含量或不能反映生物活性的中药更能显示其优越性。罗云等^[43-44]建立了基于环氧合酶 II 抑制活性的人工麝香体外抗炎效价测定方法,该方法快速、灵敏、准确、重现性好,可用于建立人工麝香抗炎生物效价检测方法;采用微量热法测定麝香对金黄色葡萄球菌生长代谢的影响,为进一步评价麝香及其他药物的抗菌生物活性提供了有用的方法和基础。

3 结语与展望

近年来,中药质量评价已成为国内外中医药研究的热点和难点问题之一。由于作用整体性、成分多样性、作用机制和靶点复杂性以及成分间相互作用难以预测,建立既符合中药特点又能被国际认可的质量标准体系,是当前中药现代化、国际化进程中迫切需要解决的关键问题。红外光谱、电子鼻、气相色谱、高效液相色谱、电感耦合等离子体质谱、原子吸收光谱、分子生物学鉴定及生物活性评价等现代分析技术为保证麝香质量提供了丰富的技术手段,麝香及其代用品的质量评价方法已由简单的性状、显微、理化鉴别及单一指标成分含量测定,向多指标活性成分含量测定、化学指纹图谱、分子生物学、生物活性检测等综合评价发展。

目前,主要以麝香酮的含量测定来判断麝香的真伪优劣。除麝香酮外,多肽、蛋白质、胆固醇、大环酮、雄甾烷等亦被认为是麝香的活性成分,在麝香的质量

评价中,不能仅以 1 种检测手段或单一成分含量作为判断的依据,应根据不同的检测目的选择适当的分析方法。多活性成分含量测定已成为业内的共识,LC-MS、GC-MS 等现代分析技术和手段的引入使多活性成分同时测定成为可能,进一步丰富和完善了麝香及其代用品的质量评价方法。

药材质量不是评价出来的,而是生产和管理出来的。随着家养麝规模的快速扩张,不同品种、产地、饲养条件、生长年限、采收时间、干燥方法、贮存条件等对麝香质量的影响有待进一步系统研究,避免盲目引种饲养造成损失,家麝 GAP 规范化养殖势在必行。

参考文献

- [1] 中国药典 2015 年版. 一部[S]. 2015: 384
ChP 2015. Vol I [S]. 2015: 384
- [2] 王岚,王翰,刘海萍,等. 四川麝的养殖与发展[J]. 中药与临床, 2015, 6(4): 6
WANG L, WANG H, LIU HP, *et al.* Breeding and development of musk deer in Sichuan [J]. *Pharm Clin Chin Mater Med*, 2015, 6(4): 6
- [3] 李林海,黄祥云,刘刚,等. 我国麝养殖种群现状及其养殖业发展的分析[J]. 四川动物, 2012, 31(3): 492
LI LH, HUANG XY, LIU G, *et al.* The status of captive population of musk deer and analysis of its farming development in China [J]. *Sichuan J Zool*, 2012, 31(3): 492
- [4] 章菽. 人工麝香研制及产业化成果概述[J]. 中国医学科学院学报, 2014, 36(6): 581
ZHANG S. Research, development, and industrialization of artificial musk: an overview [J]. *Acta Acad Med Sin*, 2014, 36(6): 581
- [5] 傅颖,杨弘,叶愈青. 麝香真伪的现场快速显微鉴别[J]. 药物分析杂志, 2012, 32(4): 706
FU Y, YANG H, YE YQ. Rapid identification of Moschus by microscopy [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2012, 32(4): 706
- [6] 吴芬宏,高媛,岳碧松,等. 麝香中脂溶性成分的提取与麝香质量鉴别[J]. 四川动物, 2006, 25(1): 137
WU FH, GAO Y, YUE BS, *et al.* Extraction of musk liposoluble constituents and identification of musk [J]. *Sichuan J Zool*, 2006, 25(1): 137
- [7] 李方,姜文红,任婧昱. 药典品麝香与进口麝香的鉴别[J]. 中医药信息, 2002, 19(4): 25
LI F, JIANG WH, REN JY. Identification of musk and imported musk [J]. *Inf Tradit Chin Med*, 2002, 19(4): 25
- [8] 梁颖,汪小根. GC-MS 法初步分析天然麝香与人工麝香[J]. 中药新药与临床药理, 2005, 16(3): 204
LIANG Y, WANG XG. Preliminary analysis of natural musk and artificial musk by GC-MS [J]. *Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol*, 2005, 16(3): 204

- [9] 杨弘, 吴树华, 俞磊明. GC-MS 联用对麝香中多组分定性分析的研究 [J]. 中成药, 2013, 35 (9): 1966
YANG H, WU SH, YU LM. Multi-component qualitative analysis of Moschus by GC-MS [J]. Chin Tradit Pat Med, 2013, 35 (9): 1966
- [10] 张皓冰, 陶奕, 洪筱坤, 等. 气相色谱 / 质谱 (GC/MS) 联用测定麝香中甾体成分的研究 [J]. 中成药, 2005, 27 (1): 79
ZHANG HB, TAO Y, HONG XK, *et al.* Steroids in musk by gas chromatography/mass spectrometry [J]. Chin Tradit Pat Med, 2005, 27 (1): 79
- [11] 汪雨, 刘聪, 陈舜琮, 等. 气相色谱 - 质谱法初步鉴定不同品质的麝香 [J]. 岩矿测试, 2011, 30 (1): 59
WANG Y, LIU C, CHEN SC, *et al.* Preliminary identification for different quality of musks by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Rock Miner Anal, 2011, 30 (1): 59
- [12] 魏刚, 方永奇, 方春亮, 等. 麝香不同溶剂提取物成分比较 [J]. 中药材, 2000, 23 (6): 316
WEI G, FANG YQ, FANG CL, *et al.* Comparison of different solvent extracts from musk [J]. J Chin Med Mater, 2000, 23 (6): 316
- [13] 魏宁漪, 段天璇, 杜首颖, 等. 顶空进样和固相萃取进样鉴别掺伪麝香 [J]. 中药材, 2004, 27 (1): 8
WEI NY, DUAN TX, DU SY, *et al.* Determination of adulteration musk by GC-MS, SPME and HS 2000 [J]. J Chin Med Mater, 2004, 27 (1): 8
- [14] 刘薇, 邹秦文, 程显隆, 等. 气相色谱质谱联用技术用于西黄丸中人工麝香的鉴别方法 [J]. 中国医学科学院学报, 2014, 36 (6): 591
LIU W, ZOU QW, CHENG XL, *et al.* Detection of artificial musk in Xihuangwan by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Acta Acad Med Sin, 2014, 36 (6): 591
- [15] 周健, 金城, 罗云, 等. 应用红外光谱技术鉴别中药麝香的真伪 [J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30 (9): 2368
ZHOU J, JIN C, LUO Y, *et al.* Identification of musk by Fourier transform infrared spectroscopy [J]. Spectrosc Spect Anal, 2010, 30 (9): 2368
- [16] 李峰, 叶向荣, 马梅芳, 等. 八组名贵中药材的荧光光谱法鉴别 [J]. 山东中医学院学报, 1996, 20 (3): 204
LI F, YE XR, MA MF, *et al.* Identification of eight groups of valuable Chinese herbal medicine by fluorescence spectrometry [J]. J Shandong Univ Tradit Chin Med, 1996, 20 (3): 204
- [17] 倪荷芳. 麝香分泌形成和真伪的扫描电镜鉴别 [J]. 中药新药与临床药理, 1999, 10 (5): 306
NI HF. Secretion formation and authenticity of musk by scanning electron microscopy [J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharmacol, 1999, 10 (5): 306
- [18] YE T, JIN C, ZHOU J, *et al.* Can odors of TCM be captured by electronic nose. The novel quality control method for musk by electronic nose coupled with chemometrics [J]. J Pharm Biomed Anal, 2011, 55 (5): 1239
- [19] 徐康森, 柴玉生. 家、野麝香水溶性成分的质量对比研究 [J]. 药物分析杂志, 1992, 12 (5): 280
XU KS, CHAI YS. The comparative study on the components of aqueous solution of domestic feeding and wild musk [J]. Chin J Pharm Anal, 1992, 12 (5): 280
- [20] 洪筱坤, 王智华, 朱孝芸. 麝香质量标准初探 [J]. 中国中药杂志, 1991, 16 (4): 230
HONG XK, WANG ZH, ZHU XY. A preliminary research on the quality of musk [J]. China J Chin Mater Med, 1991, 16 (4): 230
- [21] 吴芬宏. 林麝麝香气相色谱指纹图谱研究及麝香质量鉴别 [D]. 成都: 四川大学, 2006: 17
WU FH. The Establishment of Gas Chromatography Fingerprint in Musk and Its Identification [D]. Chengdu: Sichuan University, 2006: 17
- [22] 张萍, 肖宣, 张南平, 等. 人工麝香高效液相色谱特征图谱分析 [J]. 中国医学科学院学报, 2014, 36 (6): 587
ZHANG P, XIAO X, ZHANG NP, *et al.* High performance liquid chromatography characteristic spectrum of artificial musk [J]. Acta Acad Med Sin, 2014, 36 (6): 587
- [23] 杜鹤, 孙佳明, 崔丽娜, 等. 基于 COI 条形码的麝香及其混伪品的 DNA 分子鉴定 [J]. 吉林中医药, 2011, 31 (5): 451
DU H, SUN JM, CUI LN, *et al.* DNA molecular identification of musk and its adulteration based on COI bar code [J]. Jilin Tradit Chin Med, 2011, 31 (5): 451
- [24] 何泽超, 尹淑媛. 诱导麝香中胆固醇的分析研究 [J]. 成都科技大学学报, 1996 (1): 82
HE ZC, YIN SY. Analyses on cholesterol and cholesterol esters of induced musk [J]. J Chengdu Univ Sci Technol, 1996 (1): 82
- [25] 严修琼, 邵文霞, 钱贯华, 等. 我国七个产区麝香中胆固醇和胆固醇酯的含量测定 [J]. 中成药研究, 1981 (9): 27
YAN XQ, SHAO WX, QIAN GH, *et al.* Determination of cholesterol and cholesterol esters in seven areas of China [J]. Chin Tradit Pat Med, 1981 (9): 27
- [26] 何泽超, 尹淑媛. 诱导麝香和自然麝香中麝香酮的比较研究 [J]. 成都科技大学学报, 1995 (4): 41
HE ZC, YIN SY. Analysis on muscone in induced musk and natural musk [J]. J Chengdu Univ Sci Technol, 1995 (4): 41
- [27] 俞波, 郭希圣, 涂国士. 麝香雄甾烷类化合物的高效薄层定量方法的研究 [J]. 药物分析杂志, 1988, 8 (6): 337
YU B, GUO XS, TU GS. HPTLC determination of androgens in musk [J]. Chin J Pharm Anal, 1988, 8 (6): 337
- [28] 林明美, 刘相华. 天然麝香及其制剂中麝香酮的薄层扫描定量法 [J]. 中成药研究, 1984 (2): 24
LIN MM, LIU XH. Determination of muscone in natural musk and its preparation by TLC scanning [J]. Chin Tradit Pat Med, 1984 (2): 24
- [29] 严修琼, 钱贯华, 邵文霞, 等. 我国不同产地麝香中麝香酮和雄性激素的含量测定 [J]. 中成药研究, 1981 (1): 21
YAN XQ, QIAN GH, SHAO WX, *et al.* Determination of muscone and androgens in musk from different habitats in China [J]. Chin

- Tradit Pat Med, 1981 (1): 21
- [30] 李硕, 刘文华, 刘发贵, 等. 不同年限麝香中麝香酮含量 GC-MS 分析 [J]. 长春中医药大学学报, 2011, 27 (3): 351
 LI S, LIU WH, LIU FG, *et al.* Determination of muscone in musk at different ages by GC-MS [J]. *J Changchun Univ Tradit Chin Med*, 2011, 27 (3): 351
- [31] 苏国义, 吴艾林, 甘小妮, 等. 利用气相色谱 / 质谱联用分析林麝麝香中麝香酮和甾类成分 [J]. 四川动物, 2009, 28 (4): 509
 SU GY, WU AL, GAN XN, *et al.* Quantitative analysis of musk components by gas chromatography/mass spectrometry [J]. *Sichuan J Zool*, 2009, 28 (4): 509
- [32] 张皓冰, 何昱, 贾国惠, 等. 气相色谱 / 质谱 (GC/MS) 联用技术对麝香的多成分含量分析 [J]. 中成药, 2002, 24 (11): 868
 ZHANG HB, HE Y, JIA GH, *et al.* Quantitative analysis for multi-components of musk by gas chromatography/mass spectrometry [J]. *Chin Tradit Pat Med*, 2002, 24 (11): 868
- [33] 白静, 刘铁军, 郝鹏彬, 等. GC 法测定人工麝香中麝香酮含量 [J]. 亚太传统医药, 2013, 9 (8): 27
 BAI J, LIU TJ, HAO PB, *et al.* Determination of muscone in artificial musk by GC [J]. *Asia Pac Tradit Med*, 2013, 9 (8): 27
- [34] 唐洪梅, 黄樱华, 李得堂, 等. 气相色谱法测定人工麝香中麝香酮的含量 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2007, 13 (9): 4
 TANG HM, HUANG YH, LI DT, *et al.* Determination of the content of muscone in artificial musk by gas chromatography [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2007, 13 (9): 4
- [35] 刘艳南, 吴立军, 李铄, 等. 麝香和麝香注射剂中麝香酮和雄甾烷的含量测定 [J]. 沈阳药学院学报, 1989, 6 (1): 36
 LIU YN, WU LJ, LI X, *et al.* Quantitative determination of certain components in natural musk and its injection [J]. *J Shenyang Coll Pharm*, 1989, 6 (1): 36
- [36] 张芳, 张霞, 刘春美, 等. 手性 GC 法测定麝香中麝香酮的含量 [J]. 中国药房, 2011, 22 (43): 4089
 ZHANG F, ZHANG X, LIU CM, *et al.* Content determination of muscone in moschus by chiral GC [J]. *China Pharm*, 2011, 22 (43): 4089
- [37] 吴悦, 吴鹏, 肖宣, 等. 天然麝香养香和原香的 HPLC 分析 [J]. 药学学报, 1989, 24 (4): 308
 WU Y, WU P, XIAO X, *et al.* Method of analysis for musk, artificially bred musk and original musk by HPLC [J]. *Acta Pharm Sin*, 1989, 24 (4): 308
- [38] JIN C, YAN CX, LUO Y, *et al.* Fast and direct quantification of underivatized muscone by ultra performance liquid chromatography coupled with evaporative light scattering detection [J]. *J Sep Sci*, 2013, 36 (11): 1762
- [39] 何易玲, 汤晓勤, 向仕学, 等. 单扫描极谱法测定天然麝香中的麝香酮 [J]. 华西药理学杂志, 2002, 17 (1): 53
 HE YL, TANG XQ, XIANG SX, *et al.* Determination of muscone in musk by single-sweep polarography [J]. *West China J Pharm Sci*, 2002, 17 (1): 53
- [40] 陈建伟, 李祥, 李凡. 电子探针快速测定麝香中的无机元素 [J]. 中国中药杂志, 1991, 16 (8): 487
 CHEN JW, LI X, LI F. Rapid determination of inorganic elements in musk by electron probe [J]. *China J Chin Mater Med*, 1991, 16 (8): 487
- [41] 刘薇, 邹秦文, 程显隆, 等. 人工麝香中五种重金属的含量测定 [J]. 中国医学科学院学报, 2014, 36 (6): 610
 LIU W, ZOU QW, CHENG XL, *et al.* Determination of the contents of five heavy metals in artificial musk [J]. *Acta Acad Med Sin*, 2014, 36 (6): 610
- [42] 张利萍, 万秀华, 赵海榕. 麝香总灰分微量元素测定 [J]. 时珍国医国药, 2000, 11 (6): 482
 ZHANG LP, WAN XH, ZHAO HR. Determination of trace elements in total ash of musk [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 2000, 11 (6): 482
- [43] 罗云, 金城, 周健, 等. 基于环氧合酶抑制作用的人工麝香质量评价方法研究 [J]. 药学报, 2011, 46 (4): 438
 LUO Y, JIN C, ZHOU J, *et al.* Quality evaluation of artificial musk based on its inhibitory effect on cyclooxygenase-2 [J]. *Acta Pharm Sin*, 2011, 46 (4): 438
- [44] 罗云, 金城, 周健, 等. 基于微量热法和化学计量学的人工麝香抗金黄色葡萄球菌作用研究 [J]. 中国药理学杂志, 2011, 46 (17): 1312
 LUO Y, JIN C, ZHOU J, *et al.* Investigation on anti-Staphylococcus aureus effect of artificial musk based on microcalorimetry and chemometric analysis [J]. *Chin Pharm J*, 2011, 46 (17): 1312

(本文于 2016 年 5 月 19 日收到)