

doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2021.19.033

藏药甲地然果中化学成分、微量元素及矿物元素含量测定方法研究进展*

刘学良, 陈 鹏, 韩达斌, 俞雅琼, 祝艳年, 刘海青[△]

(青海省食品药品监督管理局食品药品审评中心, 青海 西宁 810007)

摘要:目的 完善藏药甲地然果的质量标准。方法 查阅相关文献,系统归纳甲地然果中主要化学成分、微量元素及矿物元素的含量测定方法。结果 已从甲地然果中分离出吡啶类、黄酮类、环烯醚萜类、挥发油类等化学成分,铜、锰、锌、铁等微量元素,铍、镉、钴、锂等矿物元素;主要采用高效液相色谱法、气相色谱串联质谱法、原子吸收光谱法、微波消解-电感耦合等离子体-发射光谱法等测定其含量。结论 基于成分分离和药理学研究成果,开展药理学作用机制研究,可进一步完善甲地然果药材的质量标准。

关键词:甲地然果;化学成分;吡啶;环烯醚萜类;微量元素;矿物元素;含量测定

中图分类号:R932;R29;R286.0

文献标志码:A

文章编号:1006-4931(2021)19-0128-04

Research Progress of Determination Methods of Chemical Components, Trace Elements and Mineral Elements in Tibetan Herb *Halenia elliptica*

LIU Xueliang, CHEN Peng, HAN Dabin, YU Yaqiong, ZHU Yannian, LIU Haiqing

(The Center for Food and Drug Evaluation of Qinghai Food and Drug Administration, Xining, Qinghai, China 810007)

Abstract: Objective To improve the quality standard of Tibetan Herb *Halenia elliptica*. **Methods** The methods for the determination of the main chemical components, trace elements and mineral elements in *Halenia elliptica* were systematically summarized by referring to the relevant literature. **Results** Nearly 100 chemical components and 20 mineral elements, including xanthenes and its glycosides, flavonoids, iridoids, volatile oils and others, have been isolated from *Halenia elliptica*. The content of these chemical components were determined by high-performance liquid chromatography, gas chromatography tandem mass spectrometry, atomic absorption spectrometry and micro-wave digestion inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. **Conclusion** On the basis of the separation of components and pharmacological research, the pharmacological mechanism of action was studied to further improve the quality standard of *Halenia elliptica*.

Key words: *Halenia elliptica*; chemical components; xanthenes; iridoids; trace elements; mineral elements; content determination

甲地然果^[1-2]又名吉合斗拉果玛和贾滴仁高玛^[3],为龙胆科 Gentianaceae 花锚属植物椭圆叶花锚 *Halenia elliptica* D. Don 的干燥地上部分,味苦,性寒,清热利湿,平肝利胆,为藏医药系统中用于治疗肝胆系统疾病的常用药材品种“蒂达”的主要原植物之一,泛称藏茵陈^[4],现收载于《卫生部药品标准·藏药(第一册)》^[1]。目前已从椭圆叶花锚中分离得到了吡啶及其苷类、黄酮类、环烯醚萜类、三萜类和生物碱等成分^[5-6]。在此,综述了椭圆叶花锚化学成分的含量测定方法,为更好研究、开发、利用椭圆叶花锚提供参考。

1 主要化学成分、微量元素及矿物元素含量测定

1.1 吡啶类化合物

吡啶具有较广泛的生物学和药理学活性,是一类存在于天然产物中的多酚羟基化合物,具有较强的抗氧化活性及保肝降酶作用,通过增加肝糖元与核糖核酸,促进蛋白质合成、肝细胞再生、加速坏死组织修复^[5]。吡啶为椭圆叶花锚药材及其制剂质量控制的一项主要指标,

目前主要采用高效液相色谱(HPLC)法和高效液相色谱-二极管阵列检测器-质谱(HPLC-DAD-MS)法测定其含量。

纪兰菊等^[7]以甲醇为溶剂对椭圆叶花锚成分进行加热回流提取,再经 C₁₈ 硅胶小柱做脱脂处理,以 VP-ODS C₁₈ 柱为色谱柱,乙腈-水-0.1% 磷酸溶液为流动相进行梯度洗脱,采用 HPLC 法测定椭圆叶花锚中青兰苷、去甲氧基花锚苷和花锚苷的含量。结果表明,野生花锚药材中去甲氧基花锚苷含量高于花锚苷,栽培花锚中花锚苷和去甲氧基花锚苷含量与野生花锚无明显差异,初步证明栽培植物藏药花锚可代替野生花锚入药。

王宏^[8]、王琼^[9]分别以三氯甲烷为溶剂加热回流提取乙肝健片(A)椭圆叶花锚为原料的单方制剂中的2种吡啶类成分,以 C₁₈ 柱为色谱柱,以乙酸乙酯-甲醇(70:30, V/V)为流动相,采用 HPLC 法测定2种吡啶类成分(1-羟基-2,3,5,7-四甲氧基吡啶和1-羟基-2,3,5-三甲氧基吡啶)的含量。

*基金项目:青海省科技计划项目[2020-ZJ-747]。

第一作者:刘学良,男,大学本科,副主任药师,研究方向为药品审评,(电话)0971-8865539(电子信箱)93684218@qq.com。

[△]通信作者:刘海青,男,硕士,主任药师,研究方向为中藏药,(电话)0971-8865519(电子信箱)QHDC1958@aliyun.com。

俞培忠等^[10]以甲醇为溶剂对椭圆叶花锚药材进行超声提取,以 Kromasil C₁₈ 柱为色谱柱,以 0.01 mol/L 磷酸氢二钾溶液(pH8.0)–甲醇(20:80, V/V)为流动相,采用 HPLC 法测定椭圆叶花锚中 4 种吡啶类成分(1-羟基-2,3,5-三甲氧基吡啶,1-羟基-2,3,4,5-四甲氧基吡啶,1-羟基-2,3,7-三甲氧基吡啶,1-羟基-2,3,4,7-四甲氧基吡啶)的含量,结果 4 个吡啶类成分的含量分别为 0.38%,0.82%,0.28%,0.21%。

古锐等^[11]以 90% 甲醇(酸水解)为溶剂对不同产地的椭圆叶花锚药材进行水浴回流提取,以 Welchrom C₁₈ 柱为色谱柱,以乙腈–水(43:57, V/V)为流动相,采用 HPLC 法测定椭圆叶花锚中 4 种吡啶类成分(1-羟基-2,3,4,7-四甲氧基吡啶,1-羟基-2,3,7-三甲氧基吡啶,1-羟基-2,3,4,5-四甲氧基吡啶,1-羟基-2,3,5-三甲氧基吡啶)的含量。结果不同产地椭圆叶花锚药材中 4 种吡啶类成分在植株花和叶中的含量高于茎和根,水解后前者的含量约为后者的 4 倍,提示在药材采集后的干燥、储存过程中应注意避免因花、叶脱落而导致药材质量降低。

申晓娟等^[12]以甲醇为溶剂对椭圆叶花锚、花锚药材进行超声提取(提取液冷置后过滤除去杂质),以 Kromasil C₁₈ 柱为色谱柱,以甲醇–水(65:35, V/V)为流动相,采用反相高效液相色谱(RP-HPLC)法测定 2 种药材中异龙胆黄素(1,3-二羟基-7-甲氧基吡啶)的含量。结果表明,2 种药材中异龙胆黄素的含量相差较大。

冯丽娟等^[13]以甲醇为溶剂,对不同时间段采集的野生和栽培椭圆叶花锚药材(C₁₈ 硅胶小柱除去色素)进行回流提取,以 VP-ODS C₁₈ 柱为色谱柱,乙腈–0.1% 磷酸溶液(梯度洗脱)为流动相,采用 RP-HPLC 法测定含量。结果表明,夏季采收的栽培与野生药材中有效成分的含量最高,秋季采收的最低;人工管理措施不同等因素可能造成去甲氧基花锚苷、花锚苷等有效成分含量的差异。

王琰等^[14]以甲醇为溶剂对椭圆叶花锚药材进行超声提取(提取液离心处理),以 Alltima C₁₈ 柱为色谱柱,乙腈–0.5% 磷酸溶液(梯度洗脱)为流动相,大气压化学电离(APCI)为离子源,正离子为扫描模式,采用 HPLC-DAD-MS 法测定采集和市售椭圆叶花锚中 6 种吡啶类成分,即 5 个吡啶苷元[1-羟基-2,3,5-三甲氧基-吡啶(HM-1),1-羟基-2,3,4,7-四甲氧基-吡啶(HM-2),1-羟基-2,3,4,5-四甲氧基-吡啶(HM-3),1,7-二羟基-2,3,4,5-四甲氧基-吡啶(HM-4),1,5-二羟基-2,3-二甲氧基-吡啶(HM-5)]及 1 个吡啶苷 1-O-[β -D-木糖-(1-6)- β -D-葡糖]-2,3,5-三甲氧基-吡啶(HM-2-10)的含量。结果表明,采集样品中吡啶苷(HM-2-10)的含

量明显高于市售样品,虽然不同样品中吡啶的含量差异较大,但所有药材中均以 HM-1 和 HM-3 的含量最高, HM-4 和 HM-5 的含量最低。

吉文鹤等^[15]以甲醇为溶剂对不同时间段采集的野生和栽培椭圆叶花锚药材(C₁₈ 硅胶小柱除去色素)中的成分进行回流提取,以 VP-ODS C₁₈ 柱为色谱柱,乙腈–0.1% 磷酸溶液(梯度洗脱)为流动相,采用 RP-HPLC 法测定花锚中花锚苷和去甲氧基花锚苷的含量。结果表明,去甲氧基花锚苷的含量高于花锚苷,且 2 种苷的含量由 6 月至 9 月逐渐降低。

1.2 黄酮类化合物

黄酮类化合物的基本骨架为 C₆–C₃–C₆,包括黄酮类、二氢黄酮类、异黄酮类、查耳酮类、黄酮醇类、橙酮类、黄烷醇类等,具有抗心肌缺血、降压、抗胃溃疡、保护神经、保护生殖系统、抗炎、抗肿瘤、降血糖等药理学作用^[16]。椭圆叶花锚中的黄酮类成分主要有 5-羟基-2-甲氧基色原酮、木犀草素-7-O-龙胆双糖苷、芹菜素-7-O-龙胆双糖苷、木犀草素-7-O- β -D-葡萄糖苷等化合物^[17]。杨晓泉等^[18]以甲醇为溶剂,在 50℃ 条件下超声提取椭圆叶花锚样品中的成分,以 Thermo Synchronis-C₁₈ 柱为色谱柱,以乙腈–0.04% 磷酸溶液(梯度洗脱)为流动相,采用 HPLC 法测定云南 3 个产地椭圆叶花锚中芒果苷的含量,并与其他“蒂达”类药材进行比较。结果表明,椭圆叶花锚作为藏药“蒂达”在民间使用最广泛的基原植物,与传统对藏药“蒂达”的认识保持一致。

1.3 环烯醚萜及其他萜类化合物

椭圆叶花锚中的环烯醚萜类化合物包括獐牙菜苦苷、獐牙菜苷、龙胆苦苷,均为龙胆科植物的重要活性成分,具有保肝、调脂、降血糖、抗炎、抗肿瘤、保护神经等多种药理学作用,对肝脏疾病,尤其是治疗高血糖、高脂血症疗效较好,主要通过丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)信号途径、胆汁酸合成通路、过氧化物酶体增殖物激活受体(PPAR)信号通路产生药效。同时,具有抗肿瘤和保护神经等生物活性^[19]。齐墩果酸和熊果酸等三萜类化合物具有保肝、护肝、降低转氨酶、增加白细胞、清热、消炎、抑菌等作用^[20-21]。熊果酸除具有抗促癌、抗突变、抗氧化作用外,还具有诱导消化道肿瘤细胞、白血病细胞凋亡作用^[22]。目前,主要采用 HPLC 法测定萜类化合物的含量。

高光跃等^[23]以甲醇为溶剂对椭圆叶花锚样品中的成分进行超声提取,以水–甲醇–异丙醇–四氢呋喃(65:30:5:1, V/V/V/V)为流动相,采用 HPLC 法测定椭圆叶花锚中 3 种环烯醚萜苷类成分(獐牙菜苷、獐牙菜苦苷、龙胆苦苷)的含量,并与其他“蒂达”类药材进行比较。结果表明,椭圆叶花锚外形与獐牙菜属植物极为相似,在西

南地区二者常混淆使用,但其色谱图与獐牙菜属植物相差很大,且不含龙胆苦苷,故建议二者区别使用。

俞青芬^[24]以甲醇为溶剂对不同产地椭圆叶花锚样品中的成分进行超声提取,以 Kromasil C₁₈ 柱为色谱柱,以甲醇-0.04% 磷酸溶液(梯度洗脱)为流动相,采用 HPLC 法测定青海省乐都和循化两地区野生椭圆叶花锚中 2 种环烯醚萜苷类成分(落干酸和龙胆苦苷)的含量。结果表明,乐都地区样品中落干酸的含量最高,循化地区样品中龙胆苦苷的含量最高。

杨慧玲等^[25]以无水乙醇为溶剂对椭圆叶花锚中的成分进行超声提取,以 Phenomenex Kromasil C₁₈ 柱为色谱柱,以甲醇-水-磷酸(94:4:2, V/V/V)为流动相,采用 HPLC 法测定栽培条件下不同生长期、野生状态下不同海拔的椭圆叶花锚中齐墩果酸的含量。结果表明,齐墩果酸的含量受物候期和海拔变化的影响,花期阶段熊果酸含量最高;椭圆叶花锚中齐墩果酸的含量随海拔的增加而增加;栽培药材的含量低于野生药材。

李志军^[26]、朱鹏程等^[27]均以 95% 乙醇为溶剂对不同产地椭圆叶花锚中的成分进行超声提取,以 Thermo C₁₈ 柱为色谱柱,以甲醇-0.4% 磷酸溶液(85:15, V/V)为流动相,采用 HPLC 法测定青海省青沙山、大通宝库乡两地野生椭圆叶花锚中 2 种三萜类成分(熊果酸、齐墩果酸)的含量。结果表明,青沙山产地药材中熊果酸和齐墩果酸的含量较高,2 个产地花锚中熊果酸的含量均高于齐墩果酸。

冯京等^[28]以甲醇为溶剂对椭圆叶花锚中的成分进行超声提取,以 Diamonsil C₁₈ 柱为色谱柱,以甲醇-0.5% 磷酸水溶液(85:15, V/V)为流动相,采用 HPLC 法测定椭圆叶花锚中 2 种三萜类成分(熊果酸、齐墩果酸)的含量。结果表明,温度对花锚药材中齐墩果酸和熊果酸的分离度影响最大,低温会延长组分保留时间,增大分离度,20℃ 为最佳柱温;流速为 0.8 mL/min 时可提高分离度,同时能保持良好的峰形。

1.4 挥发油类化合物

杨红澎等^[29]采用气相色谱质谱(GC-MS)技术和参考美国国家标准与技术研究院(NIST)质谱库,首次从椭圆叶花锚的挥发油中发现并鉴定了其中的 51 种成分,并采用色谱峰面积归一化法计算了各成分的相对含量。结果表明,绝大部分检出物为醇、酯、酮、酸类化合物,其中含量在 1% 以上的组分有 17 种,占挥发油总量的 51.56%,通过鉴定,初步明确了其挥发油的主要成分及含量。

1.5 微量元素及矿物元素

必需微量元素是人体代谢和健康生存不可缺少的,钙可降低毛细血管通透性,增加毛细血管壁的致密度,减少渗出,具有消炎、消肿、抗过敏作用;锌与人体内多

种酶、核酸及蛋白质的合成密切相关;铁是血红蛋白、肌球蛋白和某些酶的重要组成部分^[30];铜、锰是许多酶的组分或活化中心;铜、锌、锰、铁等元素对机体免疫功能均有重要影响;镁是生物体内多种酶的激活剂,对周围血管有舒张作用;钾、钠对维持体液的正常渗透压及酸碱平衡、细胞的新陈代谢、神经肌肉的兴奋性均有重要意义^[31]。

巨占云等^[32]采用主成分分析法对青海省不同地区花果期野生椭圆叶花锚药材中铜、锌、铁、钴、锰、镍等微量元素含量进行分析。结果表明,不同地区野生椭圆叶花锚的微量元素含量差异较大,对测定数据进行综合分析,进一步说明了微量元素是决定中药功效的主要因素,提示微量元素含量和中药功效之间存在相关性。

牛迎凤等^[33]采用原子吸收光谱法(空气-乙炔火焰)测定了椭圆叶花锚中 8 种微量元素的含量,并与其他 6 种藏药材的含量进行了比较。结果表明,椭圆叶花锚中的钙、铜、铁、锰、锌、钾、镁、钠含量分别为 0.44, 0.014, 0.16, 4.3, 2.2, 0.014, 1.7, 0.041 g/kg, 7 种藏药材中钾、镁、钠元素的含量普遍较高,椭圆叶花锚中锌元素的含量最高。

李天才等^[34-35]采用原子吸收光谱法对青海省不同地区野生椭圆叶花锚中 6 种微量元素的含量进行了测定。结果不同地区花果期野生椭圆叶花锚中铜、锌、铁、锰、钴、镍等微量元素含量随生长地区不同而有差异,同一元素在不同地区的含量相差数倍,表明野生青海椭圆叶花锚中微量元素含量具有地区性特征;各种微量元素含量与植物生长的土壤、水分、日照、气候等生态因子密切相关;生长周期内不同微量元素之间的协同性和拮抗性相互作用较复杂。

李佩佩等^[36]采用微波消解-电感耦合等离子体-发射光谱(ICP-OES)法测定了椭圆叶花锚中 21 种矿物元素的含量,并与花锚进行了比较。结果表明,椭圆叶花锚中钙、镁含量较高,其钙含量是花锚的 1.6 倍;铍、镉、钴、锂、钼、铅、锡、钛 8 种元素中钙和镁的含量基本接近;其余 11 种元素在椭圆叶花锚中含量较低。同时,参考相应标本采集地的土壤背景值,推测植物中元素含量与其所处生长环境有关。

2 问题与展望

受生长环境、土壤性质、采收时间、晾晒加工等多方面因素影响,椭圆叶花锚中的成分种类、含量等有所不同,表现为不同产区,甚至是同一产区的药材质量存在一定差异。结果发现,花、叶部位中呋喃类成分含量明显高于茎、根部位,提示在药材采集、干燥、储存过程中,要避免因花、叶脱落导致药材质量降低的情况发生;花期后抗肝炎主要活性成分(甲氧基花锚苷、花锚苷、熊果酸等)含量逐渐降低,这与部颁藏药标准中花期采收的规

定相吻合;随着海拔的上升,齐墩果酸等成分含量呈上升趋势,可能与其生长环境的土壤、气候有关,还需进一步研究;野生椭圆叶花锚药材中吡啶类成分与栽培品接近,鉴于其在部分藏区被列为三级濒危藏药材,应在可持续利用的前提下加强椭圆叶花锚人工种植方面的研究,用栽培品代替野生药材,以便更好地保护和利用资源。

椭圆叶花锚化学成分复杂,尚不清楚吡啶类、环烯醚萜类成分的药理学作用,植物药中有效成分间复杂的协同性和拮抗性相互作用可能是决定其药效的主要因素,其有效成分也不能明确。由于检测方法尚不成熟,故目前尚未找到合适的质量评价标准,单纯以某种有效成分或指标性成分作为质量评价依据并不合理。应对椭圆叶花锚开展系统的质量控制和评价工作,在结合成分分离和药理学研究的基础上开展药理学作用机制方面的研究,进一步建立指标性成分和药效部位(吡啶、黄酮、环烯醚萜及其他萜类)的含量测定方法,完善椭圆叶花锚药材的质量标准。

参考文献

- [1] WS₃-BC-0045-95, 中华人民共和国卫生部药品标准·藏药(第一册)[S].
- [2] 西藏、青海、四川、甘肃、云南、新疆卫生局. 藏药标准[M]. 西宁:青海人民出版社,1979:53.
- [3] 中国科学院西北高原生物研究所. 藏药志[M]. 西宁:青海人民出版社,1991:114-116.
- [4] 江苏新医学院. 中药大辞典(上册)[M]. 上海:上海人民出版社,1977:1060.
- [5] 覃筱燕,严莉,唐丽,等. 花锚属植物的化学成分及药理活性的研究进展[J]. 时珍国医国药,2008,19(1):25-27.
- [6] 古锐,钟国跃,张艺,等. 藏药椭圆叶花锚研究进展[J]. 中药新药与临床药理,2009,20(4):397-400.
- [7] 纪兰菊,古文鹤,陈桂琛,等. 藏药椭圆叶花锚中抗肝炎有效成分的含量测定[J]. 武汉植物学研究,2004,22(5):473-476.
- [8] 王宏. HPLC测定乙肝健A片中花锚吡啶的含量[J]. 中药材,2004,26(3):257-258.
- [9] 王琼. HPLC测定花锚草及乙肝健片中1-羟基3,4,5-三甲氧基吡啶的含量[J]. 实用医技杂志,2006,13(17):2972-2974.
- [10] 俞培忠,申晓娟,孙雨伟,等. HPLC法同时测定椭圆叶花锚中4个吡啶[J]. 药物分析杂志,2009,29(4):540-543.
- [11] 古锐,钟国跃,罗维早,等. 藏药甲地然果(花锚)中吡啶成分的含量测定[J]. 中国中药杂志,2010,35(21):2866-2870.
- [12] 申晓娟,段书涛,俞培忠. RP-HPLC法测定椭圆叶花锚和花锚中异龙胆黄素的含量[J]. 天然产物研究与开发,2008,20(1):107-109.
- [13] 冯丽娟,王延花,纪兰菊. 同一生境栽培与野生花锚中抗肝炎成分含量的比较分析[J]. 药物分析杂志,2008,28(8):1226-1229.
- [14] 王琰,石建功,车镇涛,等. HPLC-DAD-MS法同时测定藏药花锚中6个酮类成分[J]. 药学报,2008,28(3):345-349.
- [15] 古文鹤,纪兰菊,马玉花. 栽培花锚中护抗肝炎活性成分的含量在不同生长期变化的研究[J]. 西北植物学报,2005,25(1):183-185.
- [16] 祁建宏,董芳旭. 黄酮类化合物药理作用研究进展[J]. 北京联合大学学报(自然科学版),2020,34(3):89-92.
- [17] 邵巴达拉胡. 花锚属植物化学成分研究现状[J]. 世界最新医学信息文摘,2017,17(68):142-143.
- [18] 杨晓泉,郭永强,夏从龙. 藏药“蒂达”基原植物中主要有效成分的HPLC定量分析及其化学品质综合指数[J]. 中国中药杂志,2016,41(9):1685-1692.
- [19] 张慧娟,李菊,马晓慧,等. 裂环环烯醚萜苷类化合物的药理作用研究进展[J]. 药学研究,2018,37(11):659-663.
- [20] 包保全,孙启时,包巴根那. 花锚属植物植物化学成分及生物活性研究进展[J]. 中药材,2003,26(5):382-385.
- [21] 田丽婷,马龙,堵年生. 齐墩果酸的药理作用研究概况[J]. 中国中药杂志,2002,27(12):884-886.
- [22] 卢文,唐丽萍,刘倩,等. 熊果酸诱导自噬及其在妇科肿瘤中的研究进展[J]. 现代肿瘤医学,2016,24(6):1017-1020.
- [23] 高光跃,李鸣,冯毓秀,等. 11种獐牙菜及近缘植物中有效成分的高效液相色谱测定[J]. 药学报,1994,29(12):910-914.
- [24] 俞青芬. HPLC法测定花锚中落干酸和龙胆苦苷的含量[J]. 微量元素与健康研究,2007,24(1):42-43.
- [25] 杨慧玲,刘建全. 不同地区和生长物候期藏药花锚有效成分齐墩果酸的含量变化研究[J]. 中国药理学杂志,2004,39(9):659-660.
- [26] 李志军. 椭圆叶花锚中熊果酸含量的测定[J]. 现代农业技术,2009(11):16.
- [27] 朱鹏程,于瑞涛,陶燕铎,等. 藏药花锚中齐墩果酸和熊果酸含量测定[J]. 分析试验室,2008,27(Z1):54-55.
- [28] 冯京,王丽莉,张铁军. HPLC同时测定藏药花锚中齐墩果酸和熊果酸含量[J]. 中国实验方剂学杂志,2011,17(23):79-81.
- [29] 杨红澎,薛慧清,戚欢阳,等. 椭圆叶花锚中挥发油化学成分 GC-MS 分析[J]. 天津农学院学报,2008,15(3):11-14.
- [30] 傅永怀. 微量元素与临床[M]. 北京:中国医药科技出版社,1997:337.
- [31] 符克军,曹光辉,徐艳钢,等. 人体生命元素[M]. 北京:中国医药科技出版社,1995:332.
- [32] 巨占云,吴启勋. 青海野生椭圆叶花锚微量元素分析[J]. 微量元素与健康研究,2007,24(4):24-25.
- [33] 牛迎凤,邵赞,陶燕铎,等. 7种藏药材中8种微量元素的测定[J]. 药物分析杂志,2009,29(6):915-918.
- [34] 李天才,陈桂琛,周国英. 青海野生椭圆叶花锚中微量元素特征[J]. 现代中药研究,2006,20(3):50-51.
- [35] 李天才,陈桂琛,周国英,等. 青海野生椭圆叶花锚中矿物质元素特征[J]. 广东微量元素科学,2005,12(9):23-25.
- [36] 李佩佩,卢学峰,叶润蓉,等. ICP-OES法测定花锚和椭圆叶花锚中的21种矿物元素[J]. 天然产物研究与开发,2018,30(2):268-273.

(收稿日期:2021-01-24;修回日期:2021-03-07)