

鹿血鉴定技术研究现状

刘爽¹, 王一凡¹, 杨心怡¹, 刘德芳^{1,2,3}, 黄春华^{1,2,3}, 张书环^{1,3}, 楼迪栋^{1,2,3*}

¹贵州中医药大学法医学教研室, 贵州 贵阳

²贵州省法医中药毒理学特色重点实验室, 贵州 贵阳

³贵州中医药大学司法鉴定所, 贵州 贵阳

收稿日期: 2023年4月22日; 录用日期: 2023年5月23日; 发布日期: 2023年5月30日

摘要

鹿血是十分珍贵的中药材, 具有促进新陈代谢、增强体质和抗衰老等作用, 在我国作为药用已有一千多年的历史, 由于鹿血来源稀少且药用价值珍贵, 在经济利益驱使下, 市场上出现假冒(猪、牛、羊等)或伪劣的鹿血制品, 由于传统中药鉴定方法在鹿血的鉴定中具有较大的局限性, 因此为确保鹿血质量, 用于开发鉴别鹿血及常见家畜的血液制品的现代分子生物学检测技术, 将为鹿血及其制品的质量保证和产业高质量发展提供坚实的技术基础, 故开展本课题的研究。

关键词

鹿血, 伪品, 微卫星序列, 鉴别技术

Research Status of Deer Blood Identification Technology

Shuang Liu¹, Yifan Wang¹, Xinyi Yang¹, Defang Liu^{1,2,3}, Chunhua Huang^{1,2,3},
Shuhuan Zhang^{1,3}, Didong Lou^{1,2,3*}

¹Department of Pathology and Forensic Medicine, Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang Guizhou

²Guizhou Provincial Key Laboratory of Forensic Traditional Chinese Medicine Toxicology, Guiyang Guizhou

³Judicial Expertise Institution of Forensic Medicine, Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang Guizhou

Received: Apr. 22nd, 2023; accepted: May 23rd, 2023; published: May 30th, 2023

Abstract

Deer blood is a very precious Chinese medicine, which can promote metabolism, enhance health

*通讯作者。

文章引用: 刘爽, 王一凡, 杨心怡, 刘德芳, 黄春华, 张书环, 楼迪栋. 鹿血鉴定技术研究现状[J]. 药物资讯, 2023, 12(3): 202-208. DOI: [10.12677/pi.2023.123025](https://doi.org/10.12677/pi.2023.123025)

and anti-aging. As medicinal drugs in our country, the history has been for more than a thousand years. Due to the scarcity of deer blood sources and precious medicinal value, driven by economic interests, counterfeit (pig, cattle, sheep, etc.) or shoddy deer blood products appear on the market. Because the identification method of traditional Chinese medicine has great limitations in the identification of deer blood, in order to ensure the quality of deer blood, the development of modern molecular biological detection technology for identification of deer blood and common livestock blood products will provide a solid technical basis for the quality assurance of deer blood and its products and the high quality development of the industry, and also the research of this subject is carried out.

Keywords

Deer Blood, Fake, STR, Identification Technology

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

鹿是国家级保护动物，同时也是我国重要的药用经济动物[1]，在我国民间一直有“鹿身百宝”之说，服用鹿制品对人体不仅有保健作用最重要的是它的药用价值，鹿类中药材是我国传统的滋补类药材，主要包括：鹿血、鹿茸、鹿心、鹿鞭等[2][3]，其中鹿血的应用最为广泛。鹿血为鹿科动物梅花鹿或马鹿的膛血或茸血[4]，性热，味甘咸，归肝经和肾经，壮肾阳，强筋骨，入肾经，是十分珍贵的中药材，在我国作为中药材已经有很长的历史，最早在《千金翼方·食治》中有记载：大补虚损、行血却瘀、益精血、解痘毒、药毒，治虚损腰痛、心悸失眠、肺痿吐血、崩中带下等功效[5]。具有行血祛瘀、养血益精等作用[6]；临幊上多用于促进新陈代谢、提高免疫力和增强体质[7]；另外在补血、延缓衰老和抗疲劳等方面也有良好的效果[8]。鹿血的药用价值一直以来得到广泛认可及深入开发，产品系列不断的丰富，目前市场上含有鹿血的产品已有十几个品种，包括鹿血片、鹿血晶、鹿血粉和鹿茸口服液等，产生的市场价值十分巨大。

尽管鹿血的化学成分及其功效已经被广泛报道，但是鹿血的化学成分与功效之间的关系还不明确，功效成分尚不清楚，在中医药理论指导下，利用现代提取、分离、纯化及鉴定技术与方法，阐释鹿血中的药效化学成分，将为临床使用鹿血产品提供科学的依据，为研制以鹿血为原料的产品提供技术支持和保障，近年来关于动物种属鉴别的技术有很多(见表 1)，徐岩等[9]应用 PCR-RFLP 方法对梅花鹿与马鹿的鹿茸进行鉴别。郭月秋等[10]利用聚丙烯酰胺凝胶电泳法对鹿与牛、鸡、羊、猪等动物的全血进行鉴别，结果显示五种动物的电泳谱带有差异，进一步证明聚丙烯酰胺凝胶电泳可以鉴别鹿血和其它动物血。在能达到实验目的的同时也存在一些弊端，由于人们对鹿血的药用价值逐渐重视，也使鹿血的鉴别技术也在不断提升。

由于鹿血来源稀少且药用价值珍贵，在市场上会出现很多关于鹿血的假冒伪劣产品，包括鹿血掺假、鹿血多样性差等问题。鹿血掺假主要是以：一是用其他常见动物血冒充鹿血；二是在鹿血产品中掺入其他常见动物血以次充好来降低鹿血的纯度[19]。所以市场急需鉴定鹿血产品真伪的技术方法，以及可为鹿种群遗传多样性调查提供有效的遗传学参数。由于没有现成的分子标记鉴定技术，借鉴法医生物检材及个体识别技术在法医物证鉴定中的应用，开发有效的分子标记将有助于鉴别鹿血产品的真伪及鹿种群遗

传多样性调查。

Table 1. Statistics of animal species identification literature
表 1. 动物种属鉴别文献统计

种属鉴定	实验方法	文献名称	发表年限	作者
乌梢蛇、蕲蛇、地龙、全蝎、海马、鹿茸、蛤蚧	显微鉴别	动物药材粉末显微鉴定研究	1985	徐国钧 [11]
羊、牛、鸡、鹅、鸭、兔、马、鹿	荧光定量 PCR 方法	荧光定量 PCR 方法检测畜肉视频中猪源性成分	2013	王颖 [12]
鹿、猪、马、驴、牛、羊、兔、鸡、鸭、鹅	聚合酶链式反应	鹿及其它常见家畜家禽血液的聚合酶链式反应检测	2017	党平 [13]
鹿血、牛血、鸡血、羊血、猪血	12.5%聚丙烯酰胺凝胶电泳	聚丙烯酰胺凝胶电泳鉴别鹿血与其它动物血	2000	郭月秋 [10]
梅花鹿茸、马鹿茸	PCR-RFLP 方法	应用 PCR-RFLP 方法鉴定梅花鹿茸与马鹿茸	2020	徐岩 [9]
猪、牛、羊、鸡、鸭、鸽子、马、驴、鹅、兔、鼠	COI 序列的 DNA 条形码鉴定技术	基于 COI 序列的 DNA 微条形码技术鉴别熟肉制品中 11 种肉掺假的研究	2021	励炯 [14]
猪、牛、鸡、鸭	基因芯片技术	基因芯片法鉴别饲料中猪、牛、鸡和鸭等动物源性成分分析	2021	石丰运 [15]
猪、牛、羊、牛、鹿、驴等 10 种动物	液相基因芯片新型高通量检测技术	基于液相芯片的肉类产品与饲料动物源成分高通量检测鉴别技术开发研究	2021	陈茹 [16]
鹿茸、僵蚕、地龙、蝉蜕、海螵蛸、全蝎、水蛭、土鳖虫	红外光谱鉴定结合双指标序列法	鹿茸等九种动物类药材红外光谱法鉴别	2022	陈堰椿 [17]
猪、牛、羊、鸡、鸭、鹅、兔	毛细管凝胶电泳与 DNA 条形码技术	基于毛细管凝胶电泳与 DNA 条形码技术鉴别可食用动物内脏掺假方法的研究	2022	励炯 [18]

2. 传统鹿血鉴别方法

2.1. 外观性状鉴别方法

参照行业团队标准 T/CAAA 045-2020 和 T/CAAA 046-2020, 可以对鹿血粉进行外观形状的鉴别。方法: 将鹿血粉在自然光下观察纯正的鹿血粉为粉末状且有光泽颜色为深棕色, 假的鹿血分则颜色发黑无光泽[20]。缺点: 这种鉴别方式是专业人员经验的积累但结果不准确。(此种鉴别方法是不是只有一篇报道, 建议找 2~3 篇, 这样更具有说服力)

2.2. 物理鉴别方法

物理鉴别法是最初从事鹿业人员常用的鉴别方法。方法: 将微量鹿血粉撒入水中, 真的鹿血粉会呈直线入杯底部并出现一条红色的血带。假的鹿血粉, 粉末则会落人杯底[21]。缺点: 非专业人员无法操作有很强的局限性, 并且随着科学技术的进步, 这法可行性很小。

2.3. 近红外光谱技术的应用

该技术是基于有机分子的近红外吸收, 从样品的背景变化中提取弱信息的一种技术, 具有高效快速、操作简便等优点, 广泛应用于医药和食品等领域[22]。尹冬冬等[23]利用 PLS 法近红外光谱技术对鹿血真伪进行鉴别, 结果表明此法能够快速地鉴别鹿血的真伪。缺点: 此方法虽然具有操作简单、高效等优势, 但需要特定的仪器(仪器是否昂贵, 是否方便携带)和专业的操作人员才可以实现。

3. 蛋白领域鹿血鉴别方法

3.1. 免疫沉淀反应鉴别方法

依据血清学中抗原与抗体特异性结合是否出现沉淀物进行鉴别的方法。张振学等[24]根据法医学血清学抗原与抗体沉淀反应的理论，使用抗鹿 Hb(血红蛋白)血清为抗体，对鹿血干粉进行鉴别。方法：首先在无菌的环境下进行抗鹿 Hb 血清的制备，并进行效价及特异性的测定，之后将鹿血粉装入试管中，加入生理盐水，充分搅拌浸泡之后离心取血清并加抗鹿 Hb 血清，十分钟后观察结果，出现白色沉淀环为阳性反应是真的鹿血粉，反之则为假的鹿血粉。缺点：这样的鉴别方法相比前三种鉴别方式，鉴别结果更加准确客观，但存在对产品的含量及纯度不能够鉴别的弊端。

3.2. 代谢组学鉴定技术

代谢组学是通过高分辨率、高通量的检测分析技术，从整体上分析生命活动在代谢层面上的特征及规律，基因与蛋白质表达的细小变化都会在代谢物上得到放大，进而可以使检测更加容易。张然然等[25]利用代谢组学技术对鹿血和鹿茸血进行鉴别，结果表明在小分子代谢物层面上有着明显的区别，因此可以对鹿血和鹿茸血进行区别。缺点：虽然结果准确率低，但是需要专业的仪器和技术人才。

3.3. 特异性多肽或单肽鉴别法

聚丙烯酰胺凝胶电泳是一种区带电泳，由于该凝胶具有分子筛的性质可以对样品有分离作用，与样品中各组分所带净电荷的多少及分子的大小有关，有变性和非变性两种形式。其中变性聚丙烯酰胺凝胶电泳较为常用，由于加入了蛋白质变性剂常为 SDS (SDS-PAGE)，使蛋白质或多肽与 SDS 结合，经热变性和二硫键的还原，形成所带负电荷相对一致的非折叠衍生物，其泳动速度由分子量决定[10] [26]。仓公敖等[27]利用聚丙烯酰胺凝胶电泳法对鹿、牛、猪、羊的血清蛋白进行鉴别，结果显示鹿与其他动物的蛋白质区带有明显的差异，进而可以将鹿血与其他动物血液区分开。范青等[28]应用聚丙烯酰胺凝胶电泳法对鹿、牛、羊等五种动物的全血进行鉴别研究，结果表明这五种动物的电泳谱带有明显的差异，可用于鹿血与其他动物血液的鉴别。缺点：此法弥补了传统鉴别方法的不足，但是需要专业人员技术支持及仪器设备。

4. 分子生物学对鹿血的鉴别方法

4.1. DNA 条形码鉴定技术

DNA 条形码技术是通过比较一段通用 DNA 序列，对物种进行识别与鉴定，在生物物种鉴定方面有着广阔的发展前景，目前该技术广泛应用于物种分类和鉴定[29]。DNA 条形码具有操作简便、结果准确和不受鉴定经验的限制等优点。刘冬等[30]基于 COI 序列的 DNA 条形码分子鉴定技术对鹿类中药材进行鉴定，结果表明此分子鉴定方法可作为鹿类药材的鉴定方法。马巍威等[31]利用 DNA 条形码不同分析方法对 8 种鹿科动物 30 个样本序列进行分析，结果显示基于 COI 序列的 DNA 条形码能够有效和准确识别大多数鹿科动物，并报道识别正确率最高的分析方法。缺点：建立 DNA 条形码数据库困难(是否可以鉴定同物种的不同个体，是否可以进行群体调查，是否可以调查群体的遗传多态性)。

4.2. PCR 检测方法

PCR 技术是利用人工合成的一对引物分别与待扩增片段的两端侧翼序列互补，在 DNA 聚合酶催化作用下，以靶 DNA 序列为模板，dNTPs 为原料，经过高温变性、低温退火和中温延伸进行靶 DNA 片段的百万倍的扩增反应[32]。沈海英等[33]分别提取鹿血、牛血、猪血和它们混合物的基因组，并利用相应

的引物进行 PCR 扩增检测，结果用鹿、牛和猪的基因组均可扩增各自 PCR 产物，用鹿特异性引物扩增不同血液的基因组，结果显示该引物对鹿血具有特异性，进而可用于鉴别鹿制品的真伪。缺点：PCR 检测方法进行鉴别相比传统方法更加客观可靠，但无法对其含量进行测定，鉴定方法有一定的局限性。

4.3. PCR-RFLP 鉴定方法

PCR-RFLP 技术是指利用通用引物扩增出特定基因，再根据不同物种在该区域不同的酶切位点，使用不同的限制性内切酶将扩增的基因片段切割成大小不同的片段，再通过凝胶电泳区分出不同物种[34] [35]。张学维等[36]采用通用引物对 3 种不同马鹿的线粒体 12srRNA 片段进行比对、分析再设计塔里木马鹿的特异性引物进行 PCR 鉴别，并寻找能够识别差异片段的限制性内切酶进行酶切鉴别，结果只有塔里木马鹿的基因组 DNA 可以获得扩增条带，可以对塔里木马鹿进行鉴别。徐岩等[9]提取各种鹿茸的基因组 DNA，通过 PCR 反应扩增正品鹿茸的特异性片段进行扩增进行鉴别鹿茸的真伪，之后对正品鹿茸利用动物通用引物进行 PCR 扩增并通过限制性片段长度多态性进一步分析确定正品鹿茸的种属来源，结果表明通过特异性片段的 PCR 扩增可将梅花鹿、马鹿等多种伪品鹿茸加以区分，通过对限制性内切酶进行酶切后的片段长度可进一步区分梅花鹿与马鹿。王凤霞等[19]根据梅花鹿、马鹿、猪、牛、羊等基因序列的差异，设计鹿(梅花鹿、马鹿)与非鹿(猪、牛、羊、鸭)的限制性内切酶进行区分鉴别，结果建立的 PCR-RFLP 方法可以快速对鹿血及相关伪品进行鉴定，也可对梅花鹿及马鹿的血液进行区分鉴定，为鹿产品的质量控制提供技术支持。缺点：此鉴定方法存在一定的局限性，比如一些序列更改、以及目标序列中的缺失都可能导致限制位点的缺失，从而得到不正确的结果。

4.4. STR 鉴定技术

STR 又称短串联重复序列即微卫星，根据微卫星标记两侧的已知序列设计扩增引物获得扩增产物的分子标记，扩增得到的是包含微卫星标记序列在内的片段，反映的是不同微卫星标记重复次数导致的多态性，为共显性标记；由于微卫星标记位点两端的序列保守性强，因此可以通过设计特异性引物来检测位点的多态性[37] [38]。由于 STR 分子标记具有多态性高、共显性、易检测、重复性高、数量丰富及对基因组有很好的覆盖性等特点[39] [40] [41] [42]，此外 STR 鉴定技术需要样品量少，对物种损坏小，通过非损伤取样法即可获得的大量遗传信息，是研究珍稀濒危植物的种群遗传多样性及保护种群资源的有力工具[43]。张守纯等[44]利用 PCR-STR 技术通过扩增 17 个基因座进而筛选用于东北马鹿的鉴定，结果显示有 10 个基因座分型效果稳定可用于东北马鹿的亲子鉴定。尹君等[45]利用 12 对微卫星对 40 份野生东北马鹿进行扩增，结果表明 8 对微卫星可用于马鹿的个体识别鉴定。耿广耀等[46]利用 10 对微卫星对 22 只豚鹿血样进行扩增分析，结果有 7 对微卫星可用于豚鹿遗传多样性的研究，进而鉴别豚鹿伪品。缺点：STR 鉴定技术虽然操作简单且应用广泛，但是在前期筛选 STR 分子标记是比较困难，在没有相应的数据库，需要建立一个基因文库，在有数据库的情况下，需要反复的筛选分子标记，并验证是否具有多态性。

5. 小结

目前微卫星已在中药领域可用于伪品鉴定、品种鉴定、地域来源鉴别及遗传多样性分析等方面发挥重要作用[47]-[57]，说明微卫星分子标记技术在中药材物种、种质资源，建立标准数据库和分子身份证体系等方面的应用，不仅有利于中药材的质量控制，还在中药材种质资源保护与利用等领域均能发挥重要的推动作用。

随着对中药材的需求日益增加，鹿血作为中药材中的一种，由于鹿血来源稀少且药用价值及其珍贵，为确保鹿血的真实度和纯度，开发鉴别鹿血及常见家畜血液制品的 STR 分子检测技术，将为鹿血及其制

品的质量保证和产业高质量发展提供坚实的技术基础。

基金项目

贵州省教育厅自然科学研究项目(黔教合 KY 字[2021]004); 贵阳市科技计划项目(筑科合同[2020]-18-4); 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2020]4Y209); 贵医开放课题黔教合 KY 字[2022]386 号; 贵州省科技厅黔科合基础 ZK[2022]一般 465。

参考文献

- [1] 秦瑜, 张明海. 中国马鹿的研究现状及展望[J]. 野生动物, 2009, 30(2): 100-104.
- [2] 宋胜利, 葛志广, 宋文涛, 等. 商业性活鹿无菌采血技术与鹿血资源开发研究进展[J]. 时珍国医国药, 2001, 11(3): 259-261.
- [3] 袁相恋, 薄士儒, 李庆杰, 王全凯. 鹿血化学成分和药理作用及其应用研究进展[J]. 经济动物学报, 2011, 15(4): 207-211.
- [4] 张辛宁, 许亮, 才丽平, 等. 鹿源中药材的 DNA 条形码鉴定研究进展[J]. 中国中医药现代远程教育, 2017, 15(16): 144-146.
- [5] 蒋蕾, 赵文静, 常惟智. 鹿血的药理作用及临床应用概况[J]. 中医药信息, 2006, 22(6): 12-13.
- [6] 韩欢胜, 郭喜明, 徐馨, 柴孟龙. 鹿血功能研究进展[J]. 特种经济动植物, 2021, 24(5): 31-32, 41.
- [7] 宋胜利, 葛志广, 宋文涛, 等. 鹿血资源的开发及利用前景[J]. 农牧产品开发, 2000, 20(11): 5-8.
- [8] 张志颉, 孙佳明, 牛晓晖, 等. 鹿血化学成分及其药理作用研究[J]. 吉林中医药, 2013, 33(1): 61-63.
- [9] 徐岩, 邵博宇, 徐宁, 等. 应用 PCR-RFLP 方法鉴定梅花鹿茸与马鹿茸[J]. 中国药学杂志, 2020, 55(24): 2021-2028.
- [10] 郭月秋, 陈代贤, 刘辉, 王萍萍. 聚丙烯酰胺凝胶电泳鉴别鹿血与其它动物血[J]. 时珍国医国药, 2000, 10(3): 232.
- [11] 徐国钧, 徐珞珊, 王强, 刘柏英. 动物药材粉末显微鉴定研究[J]. 南京药学院学报, 1985, 16(4): 27-34.
- [12] 王颖, 史艳宇, 刘金华, 吕航, 王莹. 荧光定量 PCR 方法检测畜肉食品中猪源性成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(5): 1529-1534.
- [13] 党平, 杜雨威, 关艳艳. 鹿及其它常见家畜家禽血液的聚合酶链式反应检测[C]//中国药学会. 第十九届全国药学史本草学术研讨会暨 2017 年江苏省药学会药学史专业委员会年会论文集: 2017 年卷. 苏州, 2017: 311-316.
- [14] 励炯, 江海, 吴琼, 廉明洁, 赵琪奇, 金朦娜, 邱红钰. 基于 COI 序列的 DNA 微条形码技术鉴别熟肉制品中 11 种肉掺假的研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(2): 99-104.
- [15] 石丰运, 朱广琴, 顾开朗, 王兵. 基因芯片法鉴别饲料中猪、牛、鸡和鸭等动物源性成分分析[J]. 中国猪业, 2021, 16(3): 51-54.
- [16] 陈茹. 基于液相芯片的肉类产品与饲料动物源成分高通量检测鉴别技术开发研究[Z]. 广州: 广州海关技术中心, 2020-11-03.
- [17] 陈堰椿, 赵建国, 曲伟红, 刘少武, 余敬谋. 鹿茸等九种动物类药材红外光谱法鉴别[J]. 山东化工, 2022, 51(7): 110-114.
- [18] 励炯, 吴琼, 江海, 廉明洁, 金朦娜, 闫金花. 基于毛细管凝胶电泳与 DNA 条形码技术鉴别可食用动物内脏掺假方法的研究[J/OL]. 食品工业科技: 1-12. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022090211>, 2023-05-24.
- [19] 王凤霞, 陈媛媛, 任贵奇, 王春民. 鹿血的 PCR-RFLP 鉴定研究[J]. 中草药, 2018, 49(8): 1914-1918.
- [20] 韩欢胜, 徐馨, 黄翠, 柴孟龙. 鹿血鉴别方法研究进展[J]. 特种经济动植物, 2021, 24(11): 37-39.
- [21] 尹冬冬. 鹿血粉鉴别研究[J]. 现代畜牧科技, 2016, 43(11): 10-11.
- [22] 王凤霞, 张卓勇, 王亚敏, 范国强. 近红外光谱技术在医药领域应用的新进展[J]. 首都师范大学学报, 2005, 29(3): 53-59.
- [23] 尹冬冬. 基于 PLS 法近红外光谱技术对鹿血真伪鉴别的研究[J]. 中国林副特产, 2016, 30(5): 20-21.
- [24] 张振学, 穆培, 刘珂, 等. 鹿血鉴别新方法[J]. 中药材, 1996, 18(2): 96-97.

- [25] 张然然, 王磊, 李洋, 等. 基于代谢组学技术的鹿血与鹿茸血鉴别研究[J]. 畜牧兽医学报, 2018, 49(7): 1533-1539.
- [26] 吴建忠, 黄文功, 赵茜, 等. 聚丙烯酰胺凝胶电泳检测亚麻 SSR 标记[J]. 黑龙江农业科学, 2012, 34(9): 18-20.
- [27] 仓公敖, 李莉, 蔡梅, 等. 用聚丙烯酰胺凝胶电泳法鉴别鹿及其它动物血清[J]. 江苏预防医学, 2000, 10(3): 66-65.
- [28] 范青, 刘辉, 王萍萍, 等. 聚丙烯酰胺凝胶电泳在鹿血与其他动物血鉴别中的应用[J]. 中医药学报, 2000, 27(5): 39-40.
- [29] 张红印, 刘冬, 刘侗, 等. DNA 条形码鉴定技术在动物类中药材鉴定领域的研究进展[J]. 吉林中医药, 2017, 37(4): 378-381.
- [30] 刘冬, 钱齐妮, 张红印, 等. 基于 COI 条形码的鹿类中药材 DNA 条形码分子鉴定[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2014, 16(2): 274-278.
- [31] 马巍威, 刘依明, 董丙君, 杨宝田. DNA 条形码不同分析方法对鹿类动物识别效果的比较[J]. 长春师范大学学报, 2017, 36(4): 54-60.
- [32] 凌胜男. GeXP 多重 PCR 技术鉴别多个鹿种的方法研究[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [33] 沈海英, 鲍方名, 顾珉, 等. 中药饮片鹿血晶 PCR 检测方法的建立[J]. 江西中医药, 2015, 46(10): 67-68.
- [34] 谢莹, 华中一, 赵玉洋, 等. 快速筛选高纯度天麻 PCR-RFLP 鉴定方法[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(17): 113-118.
- [35] 赵仲麟, 常志远, 袁超, 等. PCR-RFLP 定量检测川贝母真伪的研究[J]. 河南农业大学学报, 2018, 52(2): 249-253.
- [36] 张学维, 马长华, 白根本. 塔里木马鹿特异性 PCR 及 PCR-RFLP 鉴定[J]. 中华中医药杂志, 2011, 26(3): 570-573.
- [37] 王川易, 郭宝林, 肖培根. 中药分子鉴定方法评述[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(3): 237-242.
- [38] 杨梦婷, 黄洲, 干建平, 等. SSR 分子标记的研究进展[J]. 杭州师范大学学报, 2019, 18(4): 429-436.
- [39] 刘培洪. 中药鉴定学新技术新方法研究[J]. 亚太传统医药, 2015, 11(9): 42-43.
- [40] 任战军, 熊建杰, 邓铸疆, 等. 白唇鹿的微卫星遗传多态性分析[J]. 西北农业学报, 2011, 20(5): 6-9.
- [41] 张辉, 张明海, 罗理扬. 黑龙江省完达山东部林区马鹿微卫星位点的筛选[J]. 野生动物, 2010, 31(2): 59-62.
- [42] 潘宗伟, 陈海丽, 崔彦玲. 菠菜转录组 SSR 位点分析及其分子标记的开发[J]. 农业生物技术学报, 2016, 24(11): 1688-1697.
- [43] 时圣明, 潘明佳, 王洁, 陈常青. 分子鉴定技术在中药中的应用[J]. 中草药, 2016, 47(17): 3121-3126.
- [44] 张守纯, 姜盼盼, 宣之兴, 于宁. 应用 PCR-STR 技术进行东北马鹿亲子鉴定[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2010(13): 159-160.
- [45] 尹君, 张明海, 谢绪昌. STR 在野生东北马鹿个体识别中的应用[J]. 野生动物, 2007, 28(3): 42-44.
- [46] 耿广耀, 由玉岩, 刘群秀. 豚鹿 SSR 标记开发与遗传多样性分析[J]. 野生动物学报, 2022, 43(3): 816-820.
- [47] 张景, 李晓东, 宗庆波, 等. 半夏 SSR 分子标记开发与遗传多样性[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(6): 19-26.
- [48] 张利民, 贺润丽, 韩毅丽, 等. 膜葵黄芪和蒙古黄芪的 SSR 鉴定[J]. 中药材, 2018, 41(6): 1293-1296.
- [49] 王学勇, 周晓丽, 高伟, 等. 丹参新的 EST-SSR 分布规律及分子标记的建立[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(3): 289-293.
- [50] 杨雯, 蒋伟, 钟国跃, 等. 虎耳草属植物 SSR 分子标记的开发及应用[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(10): 2057-2066.
- [51] 孙亚莉, 张晋, 张洁, 张海明. SSR 标记的开发及其在棉花中的应用[J]. 陕西农业科学, 2020, 66(4): 84-88.
- [52] 刘培培, 罗光明, 柴华文, 等. SSR 标记技术在中药鉴定中的应用[J]. 生物技术通报, 2019, 35(2): 198-203.
- [53] 刘玲, 柯皓天, 傅晓, 等. SSR 分子标记技术及其在蓖麻研究中的应用研究进展[J]. 现代农业科技, 2017(23): 16-19.
- [54] 杨雄, 杨宁, 袁启华, 等. 白皮松 EST-SSR 分子标记的开发及应用[J]. 北京林业大学学报, 2021, 43(7): 1-11.
- [55] 陈欣, 余懋群, 龙海, 等. 大麦 EST-SSR 分子标记开发及特征分析[J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24(1): 102-106.
- [56] 冯园园, 郭林林, 金花, 等. 丹参基因组 SSR 的开发及其多态性分析[J]. 时珍国医国药, 2019, 30(4): 970-972.
- [57] 焦云, 邬玉芬, 舒巧云. 檻树基因组 SSR 分子标记开发[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(11): 2336-2337.