DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250926001
引用格式: 韩万鑫, 祁艳霞, 程荟元, 等. 药食同源动物源食品质量控制方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(5): 80–90.
HAN WX, QI YX, CHENG HY, *et al*. Research progress on quality control methods for medicinal and edible homologous animal-derived foods [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(5): 80–90. (in Chinese with English abstract).

药食同源动物源食品质量控制方法研究进展

韩万鑫[1,2], 祁艳霞[1], 程荟元[2*], 靳 艳[2*]

(1. 大连海洋大学食品科学与工程学院, 大连 116023; 2. 中国科学院大连化学物理研究所, 大连 116023)

摘 要: “药食同源”是我国传统医学与饮食文化相相融合的观念, 强调的是食物在养生保健、防病治病中所起的作用。动物源食品是药食同源体系的重要组成, 是优质的蛋白、维生素、矿物质的来源, 能对人体起到调节的作用。本文以药食同源动物源食品质量控制问题为对象, 对目前存在的主要问题进行了梳理, 总结了目前常用的各类方法以及性状鉴别、显微鉴别、现代分子生物学技术、色谱技术等技术手段的应用情况。本文在以上研究基础上, 结合当前药食同源动物源食品发展较慢、多组学技术在该领域应用较少的发展情况, 从未来发展研究方向和未来发展前景两个方面进行展望, 供提高药食同源动物源食品质量标准的科学性和适用性加以参考。

关键词: 药食同源; 动物源食品; 质量控制; 基原鉴定; 质量评价模型

Research progress on quality control methods for medicinal and edible homologous animal-derived foods

HAN Wan-Xin[1,2], QI Yan-Xia[1], CHENG Hui-Yuan[2*], JIN Yan[2*]

(1. *College of Food Science and Engineering*, *Dalian Ocean University*, *Dalian* 116023, *China*;
2. *Dalian Institute of Chemical Physics*, *Chinese Academy of Sciences*, *Dalian* 116023, *China*)

ABSTRACT: “Medicinal and edible homology” is a concept that integrates traditional Chinese medicine with dietary culture, emphasizing the role of food in health preservation, disease prevention and treatment. Animal-derived foods are an important component of this medicinal and edible homology system, serving as excellent sources of protein, vitamins and minerals, and capable of exerting regulatory effects on the human body. This paper took the quality control of medicinal and edible homologous animal-derived foods as its subject, systematically reviewing the major existing problems, and summarizing the application of various commonly used methods and technical approaches, including morphological identification, microscopic identification, modern molecular biology techniques and chromatography techniques. Based on the above research and considering the current slow development of medicinal and edible homologous animal-derived foods and the limited application of multi-omics technologies in this field, this paper provided prospects from 2 aspects: Future research directions and development prospects, to serve as a

收稿日期: 2025-09-26
基金项目: 国家药典委员会标准提高项目(2025Z20); 国家资助博士后研究人员计划项目(GZC20232582); 辽宁省重点研发项目(2024020922-JH2/102); 辽宁省科技重大专项(2025JH1/11700016)

第一作者: 韩万鑫(2000—), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为食品科学。E-mail: 2750840677@qq.com
***通信作者:** 程荟元(1997—), 女, 博士, 主要研究方向为中药质量控制。E-mail: chy@dicp.ac.cn
靳艳(1968—), 女, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品科学。E-mail: yanjin@dicp.ac.cn

reference for improving the scientific validity and applicability of quality standards for medicinal and edible homologous animal-derived foods.

KEY WORDS: medicinal and edible homology; animal-derived food; quality control; species authentication; quality evaluation model

0　引　言

动物源食品在人类生命的各个阶段均具有重要营养学意义, 是优质蛋白质、必需脂肪酸、维生素和矿物质的重要来源。药食同源理念是我国传统医学与饮食文化深度融合的体现, 该理念强调食物在维持健康和预防疾病中的积极作用, 体现了“医食同根、药食同用”的传统智慧。药食同源物质指一类既可作为普通食品食用, 又兼具药用价值的物质。在我国, 药食同源物质的认定与管理具有明确的法规依据。国家卫生健康委员会发布的《按照传统既是食品又是中药材的物质目录》明确了 102 种可作为普通食品经营使用的药材; 与此同时, 国家食品药品监督管理局将鹿茸、鹿胎、蜂蜜、阿胶等动物源材料列入《保健食品原料目录》, 为其在功能食品中的应用提供了制度保障。动物源食品作为药食同源食品重要组成部分, 凭借丰富的营养成分与药理活性, 在健康维护、机体功能调节及疾病辅助防治等方面具有独特价值[1]。从传统滋补品如阿胶、鹿茸, 到现代兼具风味与功能性的鸡内金、蜂蜜等, 药食同源类动物源性食品已深入日常饮食与健康管理实践[2], 应用历史悠久, 且市场需求日益增长。

然而, 与植物源食品相比, 药食同源动物源食品的质量控制面临着更多的挑战。动物源食品原料来源较为复杂, 不同物种、生长阶段、组织部位之间的有效成分和重金属、兽药残留、微生物类潜在有害物含量差距明显[3–4], 这为动物源食品源头质量控制带来较大困扰。传统加工炮制工艺与现代技术相融合虽然能明显提升应用便利性, 但也会影响动物源食品活性成分稳定与生物利用[5], 还会带来引入交叉污染的风险, 而现有质量标准体系仍然不够健全, 部分品种的鉴定缺乏特异性鉴别方法[6]、含量测定指标依旧不明确[7], 这些问题也导致了市场产品质量难以保证, 不仅会影响到食用安全与药效, 也整个产业的高质量发展带来了很大的困扰。

随着公众健康意识增强, 中药市场需求持续扩大, 但掺假伪劣现象亦日益突出, 以次充好、假冒伪劣等问题频发, 使得动物源中药质量安全问题备受关注。因此, 构建系统、高效的质量控制方法已成为当前关键课题。本文旨在系统综述近 20 年来药食同源类动物源食品在质量控制方面的研究进展, 从入药形式出发, 重点围绕基原鉴定、含量测定及多维度质量评价模型等方向展开分析, 以期为相关质量标准的提升提供技术参考与理论支持。

1　药食同源动物源食品质量控制的核心难点

药食同源动物源食品的质量控制涉及一个多维度、跨环节的复杂技术体系(图 1), 该体系主要涵盖四大关键环节: 基原鉴定是保障产品真实性的第一环节, 依赖于 DNA 条形码、质谱等技术方法鉴别物种来源, 应对养殖过程中种类繁杂、品种混淆的难题; 加工过程作为质量评价的核心关卡, 需综合运用色谱、质谱等多种现代分析技术, 及标准化的工艺流程, 以应对加工过程中功效成分的复杂多变; 贮藏过程则需要借助微生物检测技术、环境管控技术等, 保障储存、运输过程中的食品安全; 最后的售卖过程则依赖于质量标志物等检测技术判别真伪优劣以及全流程溯源。上述环节共同构成了动物源食品质量控制的基本框架, 但每一环节在实际应用中均存在瓶颈与困境, 深刻理解这些难点是推动动物源食品质量控制体系走向成熟的前提。

1.1　原料来源的多源性

同一系列药食同源动物常常包含许多可以利用的物种。以地龙为例, 《中国药典》(2020 年版)收录的药用物种包括参环毛蚓(*Pheretima aspergillum*)、通俗环毛蚓(*Pheretima vulgaris*)和威廉环毛蚓(*Pheretima guillelmi*)等。研究表明, 不同物种、不同产地的地龙在氨基酸和无机元素含量上存在较大差异[8–9], 这些差异都会影响到地龙活血化瘀等药理作用。王泽帅等[10]用电感耦合等离子体质谱法(inductively coupled plasma-optical emission spectrometry, ICP-OES)对鹿茸中的 23 种无机元素进行了定量分析, 发现在不同的产地的鹿茸中无机元素的含量存在较大差异, 从而证明了地理来源对于动物源食品成分有着明显的影响。另外, 饲养方式、生长年龄等都会引起成分的差异。不同的生长阶段的海马在营养方面有着明显的差别, 生长中期的个体氨基酸、微量元素的含量比幼体和成熟个体要高很多[11]。曾茂芹等[12]对比了思南黄牛在不同的饲养方式下的多项指标, 发现放牧饲养明显能提高它的免疫和抗氧化水平, 舍饲有利于提高生长性能和肉质品质, 建议实际生产中采用两种模式相结合的方式来满足各个生长阶段的需求。物种、产地、饲养方式以及生长阶段等诸多因素共同造成了药食同源动物源食品原料质量的繁杂且多样化, 这也为其质量控制带来了显著挑战。

1.2　化学组成的多元性与动态变化

动物源食品的化学成分往往较为复杂。蛋白质、多肽及多糖等生物大分子通常是常见动物源食品比如阿胶[13]、鹿茸[14]等的核心功效成分。贺慧慧等[15]采用差异蛋白质组学策略筛选出可用于鉴别梅花鹿茸、马鹿茸与赤鹿茸的特征肽段, 研究发现这 3 种鹿茸间存在明显的差异, 为物种鉴别提供依据。早在 20 世纪初, JOCOBY Y 就从欧洲医蛭(*Hirudo medicinalis*)



图 1 药食同源动物源食品质量控制技术体系

Fig.1 Technical system of quality control methods for medicinal and edible homologous animal-derived foods

中首次分离得到水蛭素，是目前被证明为活性最强的天然凝血酶抑制剂[16]。这类大分子物质一般结构复杂、分子质量较大，容易变性或者降解，所以在提取、分离、纯化以及定量分析方面都会遇到很多困扰。

“药食同源”的动物源食品中，脂质既是主要的营养物质，又是重要的风味、质构参与者，同时也是发挥特定生理调节作用的基础物质。脂质质量控制由于这些特殊性和复杂性而变得非常困难，难点主要是由于脂质成分的功能多样、加工过程中不稳定以及易氧化降解等特点造成的，这些特点共同影响着富含脂类食品的品质和药效的稳定。蛇胆中含有的胆汁酸类成分(属固醇衍生物)，具有抗炎、镇咳的作用[17]；地龙中含有的磷脂类成分与地龙的通经活络功效密切相关[18]。脂质组学研究已经发现了脂质中有数百种脂质分子，不同链长的磷脂酰胆碱(phosphatidylcholine, PC)、磷脂酰乙醇胺(phosphatidylethanolamine, PE)等都属于这些脂质分子，必须采用液相色谱-串联质谱法等先进技术来进行精准的表征[19]。功能脂质和食品基质中的蛋白质、碳水化合物之间相互作用，使得质量分析更加困难，也给检测方法的灵敏度和专用数据库的建立提出了更高的要求[20]。加工过程中安全性挑战与功能性成分保持成为又一难题，在煎、煮、炸等加工过程中杀灭微生物的同时也会引起脂质氧化、水解等反应，造成醛、酮等有害物质的产生，影响食品安全，还会使上述功能脂质被破坏或者发生转化，降低其预期的功效[21]。温度、时间、氧气等加工参数的控制很难达到灭菌效率和保留功能成分的双重目的，而脂质参与的美拉德反应会产生晚期糖基化终末产物，存在安全问题[20]。脂质的氧化降解原料储存、加工、产品货架期全部过程中的难点，也是脂质质量控制的持续性难题。高生物活性的多不饱和脂肪酸对于氧化非常敏感，其氧化过程会产生过氧化物和次级产物，不仅会引起营养价值的降低、产生异味等不良现象，还会使功能成分失活甚至产生和心血管疾病风险有关的氧化胆固醇等有害物质[19,22]。光照、温度和金属离子等环境因素都会加速氧化的发生，虽然可以添加多酚、维生素 E 等抗氧化剂来预防氧化，但是复杂的食品基质中这些方法的有效性、稳定性和与其他成分的兼容性还存在诸多问题。

动物源食品中还普遍存在氨基酸、核苷、激素、生物碱等小分子活性物质，虽然含量较低，但生物活性显著。例如，鹿茸中的氨基酸类成分有助于促进蛋白质合成和增强免疫功能[23]；蟾酥中的生物碱类成分则表现出显著的抗菌和抗肿瘤活性[24]。这类小分子化合物的分析难点主要源于复杂的基质干扰：动物组织中大量存在的蛋白质和多肽在提取过程中易与小分子共提，导致严重的基质效应，因此对检测方法的灵敏度与选择性要求较高。

牡蛎等部分动物源食品对微量元素具有较强的富集作用，其中锌元素与其提高精子活力等功效密切相关[25]。目前常用于元素形态分析的高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱技术(high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma-mass spectrometry, HPLC-ICP-MS)仍面临样品前处理复杂、形态标准品稀缺及分离效率低等挑战。此外，无机元素与有机成分之间的相互作用机制尚未明确，其在体内的代谢路径及对药效的具体贡献名仍难以准确评估。

尽管物种特异性蛋白、肽段及代谢物等化学成分为动

物源食品的基原鉴定提供了重要依据, 但由于上述化学成分的高度复杂性, 开发具有高专属性和适用性的化学鉴别方法(如基于特征色谱峰或特征离子的策略)仍远比植物药更为困难。

1.3　基质干扰与质量标志物识别困境

动物组织中富含蛋白质、脂肪等大分子物质, 在针对微量成分进行分析时, 需去除蛋白质等生物大分子, 导致前处理步骤烦琐, 并引起显著的基质效应[26–27], 严重影响色谱、质谱等分析方法的准确度与灵敏度。胡中海等[28]建立了一种基于增强型脂质去除技术(enhanced matrix removal-lipid, EMR-Lipid)净化结合超高效液相色谱-串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)的分析方法, 用于检测动物源食品中 8 种喹诺酮类兽药残留, 并对该方法的基质效应进行了系统评价, 为兽药残留检测中基质效应的消除或补偿提供了有效手段。

作为质量控制和评价体系的核心要素, 质量标志物旨在通过特异性化学成分为食品的真伪鉴别、定量分析及功效关联提供科学支持。质量标志物的筛选遵循一套系统化、多学科交叉的流程。首先, 需明确该药食同源动物源食品的基原、食用习惯及药用背景; 随后, 借助高效液相色谱-质谱法等现代分析技术表征化学成分, 重点关注稳定性高、活性明确的化合物; 进而整合代谢组学与网络药理学方法, 通过“成分-靶点-通路”多维关联分析, 筛选出在体内吸收且参与关键调控网络的潜在标志物; 最后, 通过体外细胞实验和动物体内药效验证其生物活性及作用机制, 并建立可重复、灵敏的检测方法。然而, 与枸杞中的枸杞多糖[29]、人参中的人参皂苷[30]等植物源成分相比, 大多数动物源食品的药效物质基础研究还比较薄弱, 其中的指标性成分或者质量标志物还未确定, 这使得动物源食品含量测定缺乏可靠的依据, 制定相应质量标准也面临很大困难。以燕窝为例, 其传统标志物唾液酸在鸡蛋、肉类等许多食品中也存在, 因此燕窝的检测缺少成分特异性, 在实际检测中也容易出现假阳性结果, 研究表明, 通过比较燕窝与常见掺假物的寡糖谱图, 可以证明唾液酸很难有效地鉴别燕窝的真伪[31], 而采用苯并茋乙酯标记策略筛选得到的寡糖标志物虽然具有较高的成分特异性, 但是由于操作过程烦琐, 在实际推广中还存在一定的局限性。限制质量标志物筛选的又一主要难题就是数据库的不足, 由于驴和马基因组高度同源, 基于传统的蛋白质数据库进行检索得到的“驴特异性肽”在马皮胶中常常会被检测到, 造成物种鉴定上的错误。WU 等[32]用数据库独立的方法, 通过从头测序直接对比驴、马、牛、猪皮胶的肽谱图, 成功地筛选出了 14 个物种特异性的肽标志物。但是由于肽类物质本身不稳定, 该方法在实际应用中依然高度依赖操作人员的技术水平以及分析仪器的精密度, 这也限制了该方法的应用范围。另外样品前处理的繁杂又加大了质量标志物筛选的难度。动物源食品的基质组成比较复杂, 可溶性和不可溶性组分里均可能存在重要的标志物, 传统分析的方法往往只关注可溶部分, 这会造成有用信息的缺失。在虫草相关研究中, 幼虫部分所含的多糖标志物需要经过专门的提取过程才能有效获取[33], 如果只对可溶组分进行分析, 就会造成这部分成分的漏检。尽管该多糖标志物的免疫调节活性已经被实验验证, 但是其活性强度和具体的药效之间的定量关系还需要更多的实验模型来证明, 这也反映出生物活性关联验证在实际应用中遇到的系统性问题。

1.4　贮藏与加工过程中的影响因素

为了保证药食同源动物源食品的药用价值, 常需要采用修制、水制、火制等[34]特殊加工方法。这些工艺都会对食品的化学成分造成较大影响, 比如蛋白质被水解成氨基酸、多糖等大分子物质降解成小分子片段等等。从研究结果可知高温炒制容易造成地龙中蛋白质变性失活, 低温处理可以最大程度上保持地龙的有效成分, 从而提高地龙的药用和食用价值[35]。但是加工过程中产生的中间产物和最终产物组成非常复杂, 而且处在不断变化之中, 因此建立统一的质量标准面临较大困难。所以加工过程中的质量控制成了动物源食品质量体系里的一大难点。

动物源食品原料及成品在储存期间, 会因为温度、湿度、光照等因素的干扰而引起化学成分含量的改变。刘淑娟等[36]将鹿茸分别置于常温、冷藏、冷冻、干燥这 4 种状态下存放一段时间, 然后定时检测其总糖和水溶性蛋白含量, 结果表明冷冻比其他方法更利于保存鹿茸中的有效成分。

2　药食同源动物源食品质量控制方法的研究进展

动物源食品属于药食同源体系的重要组成, 其质量能否得到有效控制, 会对食用的安全性造成影响。然而, 由于动物源食品基质复杂、来源多、容易掺假、受污染等特点, 其质量控制一直面临着严峻的挑战。伴随着现代分析技术的不断发展, 动物源食品的质控方法也由以前的经验鉴别转向多技术融合、标准化的系统性质控。本节主要对近年来该领域内关于主要技术的系统性研究、显微鉴别、分子生物学技术以及色谱技术这 3 类技术研究现状及其应用前景做系统的梳理。

2.1　性状鉴别与显微鉴别

性状鉴别是中药质量控制的传统主要手段, 主要是根据药材的颜色、纹理、形状、气味等外观形态特征来进行初步的品种鉴定和品质评价。性状鉴别在药食同源类动物源食品质量控制方面起到不可替代的基础性作用, 该方法操作简便、快速, 特别适合于现场和大样本的初步筛选, 且也体现了中药“辨状论质”的传统理论思想[37], 即通过外

在性状推断其内在质量状况。李楚芬等[38]对花鹿茸、马鹿茸等 6 种鹿茸饮片做了详细的性状描述, 对不同药用部位(蜡片、粉片)的宏观形态做了详细的记载, 给鹿茸的基原鉴别和等级划分提供传统的依据。刘丽等[39]利用统计比较法对 6 种鹿茸茸毛的显微特征(颜色、毛体、髓质形态)进行比较, 得到它们之间有明显的种间差异, 可以用来快速鉴别鹿茸。然而, 该方法的有效性较大程度上取决于鉴定人员的经验, 存在很强的主观性; 人眼辨识能力对于细微差异、定量判断等依然存在明显不足, 导致鉴别结果的重复性、标准化水平较低, 很难达到精准的质量波动控制的目的, 这已然成为限制其科学性、权威性的关键瓶颈。

近年来, 随着人工智能技术的迅猛发展, 性状鉴别正逐步由经验主导转向数据驱动。图像识别、高分辨率光谱成像和计算机视觉等技术可实现药材外观性状的精细化、数字化采集; 结合卷积神经网络、多模态特征融合等深度学习算法, 能够构建“外观特征-真伪”之间的高维映射模型, 从而实现自动化、高精度的鉴别与评价。李建军等[40]采用电子眼等技术采集相关数据, 对所得数据进行主成分分析(principal components analysis, PCA), 并对不同品种、不同产地生地黄从颜色、气味和滋味 3 方面进行评价鉴别, 该方法可有效地区分生地黄。GUI 等[41]使用了电子眼、电子鼻、电子舌和近红外光谱方法得到了 4 种来源的川贝母相关数据, 在对这四源数据处理后, 与单源数据得到的模型相比, 发现四源数据融合可以提高模型对川贝母的真伪识别性能。这类技术不仅显著提升了鉴别效率和一致性, 还可应用于炮制过程监控与质量动态评价, 为性状鉴别注入了新的科学内涵与应用潜力。

性状鉴别作为一种基于感官和经验对动物源食品进行品质与真伪判断的方法, 是传统鉴别体系的核心组成部分。随着技术发展与应用场景拓展, 性状鉴别也展现出主观性强、结果可重复性差、鉴别深度有限、需求鉴别者经验等局限性。此外, 因当前市场造假技术升级、规范标准缺失、检测技术普及等挑战, 导致性状鉴别应用场景日益减少。但相比于其他检测技术, 性状鉴别仍有着操作简便、价格低廉等独特价值, 仍然是现场无损检测常用方法。

2.2 分子生物学技术

DNA 条形码技术基于标准短基因序列(如线粒体细胞色素 c 氧化酶亚基 I, cytochrome c oxidase I, *COI*)进行物种鉴定, 凭借其高通量和高准确性的特点, 已成为解决动物源中药基源混乱问题的关键技术。该技术不仅适用于完整药材的鉴定, 对破碎品、粉末及成药投料等难以形态鉴别的样品也表现出显著优势。孙洁等[42]对 48 批市售地龙饮片的研究, 以及格小光等[43]对全国七大药材市场中地龙药材的 DNA 条形码分析, 共检出 34 个物种, 均揭示出当前流通市场存在严重的基源混杂现象, 突显出其现行质量标准在物种专属性约束方面的明显不足。

在鹿茸的质量控制中, 高晓晨等[44]与贾静等[45]基于 *COI* 序列分别建立了鹿茸饮片及粉末的分子鉴定方法, 并发现在市售样品中存在显著掺伪问题, 大量以驯鹿等非药典收录物种冒充正品鹿茸。然而, 该技术在实际应用中仍存在一定局限。例如, 通用引物可能非特异性扩增外来污染 DNA, 导致假阳性结果[46], 常见污染源包括人类接触污染、其他动物组织混杂以及环境微生物等[47]。此外, 部分造假行为通过添加同物种非药用部位(如以普通肌肉组织冒充特定腺体)以规避检测。或常见以新西兰鹿茸冒充梅花鹿茸蜡片[48], 二者形态较为相近, 难以区分, 进一步增加了鉴定复杂性。另外, 现有研究多集中于蛇类、鹿类及虫类等贵重药材, 对整个药食同源动物源食品体系的覆盖仍显不足。因此, 推动标准化实验操作程序的建立、扩大参考数据库覆盖范围, 并开发更具物种和组织特异性的条形码引物, 是提升该技术可靠性与应用广度的迫切需求。

2.3 色谱技术

色谱技术广泛应用于食品、化工、医药等领域, 有着分离效率高、样品用量小、灵敏度高等诸多优点。色谱技术按流动相的分子聚集状态可分为液相色谱法、气相色谱法(gas chromatography, GC)及超临界流体色谱法等, 色谱技术已成为应用最广、药典收载最多的一类分析方法。

2.3.1 气相色谱法

GC 是一种较新的分离、分析技术, 它在诸多领域中均得到广泛应用。因样品在气相中传递速度快, 以及可选作固定相的物质较多, 使得 GC 有着灵敏度高、应用范围广等优点。如李正刚等[49]采用 GC 检测不同产地的多批次地龙药材中 17 种有机氯类农药残留量, 并对前处理方法考察优化, 该方法灵敏度高, 实用可靠, 可为地龙的农药残留情况检测提供参考。王鹏思等[50]同样采用 GC 检测了市售地龙、水蛭中氯霉素、甲砜霉素、氟甲砜霉素 3 种氯霉素类抗生素残留量, 通过优化前处理条件得到一种简便快捷且适用于地龙、水蛭中氯霉素类药物的残留测定的方法。

气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)则显著拓宽了挥发性成分的分析与研究范畴。例如, 黄飞等[51]通过 GC 定量分析水蛭中短链脂肪酸, 揭示其作为防治心血管疾病药效物质的重要地位, 为质量评价奠定了物质基础; 滕雪等[52]采用 GC-MS 解析全蝎膏的挥发性组成, 证实其化学成分谱与原料药(全蝎、蜈蚣)高度一致且含量稳定, 从物质基础层面证明了复方制剂的质量可控性。刘畅等[53]将加工后的鹿茸饮片再次创新开发, 研制出一种可即食且腥臭味大幅较少的新型食品, 使用 GC-MS 对产品气味物质进行分析, 发现其加工过程中烃类物质大幅较少, 并增加了许多具有香气的风味物质。穆传辉等[54]采用超快速气相电子鼻结合 GC-飞行离子质谱技术, 系统地分析了阿胶中的挥发性成分。研究表明, 阿胶的香气主要来源于醛类和吡嗪类化合物, 然而, 不同

价格的阿胶品牌中醛类等化合物的含量存在显著差异, 过高的醛类等化合物的释放会令阿胶产生刺激性气味, 降低阿胶品质。此方法可有效的分析阿胶气味特征, 并为阿胶的风味鉴别提供新思路。

2.3.2　液相色谱法

高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)有着分离模式灵活、适用性广及高通量等诸多优点, 已成为动物源食品分析中广泛应用的主流技术。HPLC 可以依靠系统改良色谱条件或者使用不同分离机制的色谱柱, 从而达到对多目标成分准确定量的目的。谭必琴等[55]在建立 HPLC-蒸发光散射检测器(evaporative light-scattering detector, ELSD)联用方法时, 采用参数优化法对蜂蜜中果糖、葡萄糖、蔗糖、麦芽糖进行同步测定, 灵敏度高, 基线平稳, 不需要进行衍生化处理, 具有较好的实用性及环保性, 郑星等[56]还根据松三糖含量分析结果得出松三糖可以作为无刺蜂蜂蜜的标志物, 并发现该成分显著受蜜源植物、产地、采收期等多种因素的影响。已有研究显示, 以特征标志物为依据的 HPLC 定量分析法是目前的研究重点(表 1)。

色谱与质谱联用技术比 HPLC 对复杂体系的分离和定性有明显的提高。液相色谱-质谱法(liquid chromatography-mass spectrometry, LC-MS)可实现炮制过程中药效成分动态过程的精准监测[71], 为饮片质量标准的建立提供分子层面的科学依据。张楠茜等[72]采用液质联用技术对鹿茸热炮制前后的化学成分进行对比分析, 并通过 PCA、正交偏最小二乘法辨别分析(orthogonal partial least squares discriminant analysis, OPLS-DA)找出炮制前后的鹿茸的差异性成分。发现经过热炸后的鹿茸中尿苷、黄嘌呤、脱氧鸟苷、鸟苷的含量与鲜鹿茸中的含量相比有所升高, 而肌苷、腺苷、鸟嘌呤、胸腺嘧啶、次黄嘌呤的含量与鲜鹿茸相比有所下降。该方法有助于建立基于传统功效的鹿茸炮制工艺和炮制品的质量标准。周涛等[73]应用高效液相色谱-串联质谱法(high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, HPLC-MS/MS)快速测定蜂蜜中五氯酚残留, 采用液液分配提取, 内标法定量, 减少了前处理步骤, 有效降低成本, 且该方法回收率高, 重复性好, 完全适用于蜂蜜样品的定性和定量分析, 为蜂蜜中五氯酚药物残留量的测定提供有力参考。

尽管色谱技术具有高灵敏度、良好的重现性, 以及与质谱联用所赋予的强大定性与定量能力, 在实际应用中仍面临双重挑战: (1)各实验室间分析方法尚未实现标准化, 导致分析结果的可比性较差; (2)复杂生物基质样品前处理流程烦琐、耗时, 严重制约了高通量分析的实现。未来研究应着力于构建统一的分析方法标准体系, 并开发高效、自动化的前处理技术平台, 以促进该技术在更广泛质量控制场景中的推广与应用。

表 1　药食同源动物源食品检测方法及检测成分

Table 1　Detection methods and detected components of medicinal and edible homologous animal-derived foods

检样	方法	检测成分	适用场景	参考文献
地龙	HPLC	尿嘧啶、次黄嘌呤、尿苷、肌苷	建立多组分含量测定方法, 可用于对市面上不同产地、品种的地龙进行检测	[57]
广地龙	超高效液相色谱-三重四级杆质谱法(ultra performance liquid chromatography-triple qradrupole-tandem mass spectrometry, UPLC-QQQ-MS/MS)	琥珀酸、尿嘧啶、黄嘌呤、腺嘌呤、鸟苷、次黄嘌呤、腺苷、肌苷、色氨酸	同时测定广地龙配方颗粒中 9 种成分含量, 为广地龙及其他动物源食品成分检测提供参考	[58]
广地龙	超高效液相色谱-四级杆飞行时间串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-quadrupole time of flight-tandem mass spectrometry , UPLC-Q-TOF-MS/MS)、HPLC	游离氨基酸类、有机酸类、核苷类、二肽类及环二肽类、尿嘧啶、次黄嘌呤、黄嘌呤	可用于区分干、鲜广地龙并为后续广地龙的药效物质基础研究和质量控制提供参考	[59]
蜈蚣	HPLC	次黄嘌呤、苯丙氨酸	适用于对蜈蚣配方颗粒的全过程质量控制	[60]
水蛭	UPLC-MS/MS	水蛭多肽I、水蛭多肽II	用于快速、准确区分水蛭及菲牛蛭	[61]
海马	HPLC	胞苷、尿苷、肌苷、鸟苷、腺苷、胞嘧啶核苷酸、尿嘧啶核苷酸、腺嘌呤核苷酸、鸟嘌呤核苷酸、次黄嘌呤核苷酸	适用于同时检测海马中的核糖核苷及核苷酸	[62]
海马	HPLC	次黄嘌呤、黄嘌呤	结果准确可靠, 可用于海马的质量检测	[63]

表 1(续)

检样	方法	检测成分	适用场景	参考文献
阿胶	UPLC-MS/MS	丙氨酸、精氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、丝氨酸、甘氨酸、羟脯氨酸、脯氨酸、赖氨酸、苏氨酸、谷氨酰胺、鸟苷、腺苷、胞苷	适用于区分不同厂家药材的游离氨基酸、核苷等潜在指标成分，为阿胶质量控制提供参考	[64]
阿胶	UPLC-MS/MS	亮氨酸、谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、组氨酸、赖氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、瓜氨酸、酪氨酸、甲硫氨酸、丝氨酸、谷氨酰胺、缬氨酸、脯氨酸、甘氨酸、丙氨酸、羟脯氨酸、苏氨酸、鸟氨酸盐酸盐	可用于阿胶中氨基酸类成分的含量测定，筛选出的7种成分可作为区分不同厂家阿胶的潜在指标	[65]
阿胶	UPLC-QQQ-MS/MS	驴源多肽 A1、驴源多肽 A2	操作简便，结果可靠，适用于阿胶糕中驴皮源成分的质量控制	[66]
鹿骨胶	UPLC-MS/MS	阿胶特征多肽	适用于鹿骨胶产品及其他含有阿胶成分产品的质量控制	[67]
熊胆	薄层色谱法	熊去氧胆酸	可采用薄层鉴定熊胆真伪，亦可通过含量测定评价其成药质量及工艺情况	[68]
蜂蜜	HPLC	葡萄糖、果糖、蔗糖	适用于实验室检测蜂蜜中3种还原糖成分的含量	[69]
蜂蜜	HPLC	甘油	适用于检测蜂蜜及果葡糖浆中甘油残留量	[70]

3 问题与展望

药食同源类动物源食品是一类兼具营养功能与药用价值的特殊食品，其质量安全状况和消费者健康、产业可持续发展密切相关。目前，该领域质量控制策略也正由以前的感官评价、理化检测转变为使用分子生物学、光谱分析等更精确的方法。但是由于动物源食品基质比较复杂，含有微量有害物残留，活性成分功效很难准确评价等原因，目前的质量控制手段还存在许多不足，有待进一步提高。

目前药食同源类动物源食品的研究还存在着诸多的瓶颈。原料基原不同会造成同一食品在产地、采收时间和处理方式产生不同的状态，不能依靠单一的检测方法来准确地判断它的功效质量。现行质量标准大多落后于产业的发展，例如鹿茸质量控制仍然以蛋白质、氨基酸等基本成分含量为指标，缺乏针对其特有的差异成分所制定的专门评价标准，仅用理化指标和简单性状鉴别无法实现真伪和优劣的准确判断。另外，蛋白质组学、代谢组学等组学数据量大、结构复杂，常规的数据处理方法很难将多源组学数据整合，并且解析也不够充分，使得分析结果相对独立，缺少统一完整的数据库。各地的检测方法和标准也大相径庭，急需对技术方法进行系统化标准化并加以验证。伴随着检测技术以及行业需求的不断发展，快速检测技术的研发也逐渐成为研究的重点，但是目前稳定性、可靠性等问题仍需继续加以重视。

未来可以将单指标检测发展为多指标成分融合分析，并构建起相应的指纹图谱评价体系，从而形成一个包含养殖、加工和产品的全过程可追溯质量系统，以从根本上解决基原混乱的问题。质量控制过程中要重视加工炮制关键控制点的监控，推动质量控制重心从终端产品向过程控制转移。还可加强基础研究，积极推动科学、合理、方便的操作质量标准纳入到《中国药典》和国家食品安全标准体系中，从而为产业的高质量发展提供有力的支持。

4 结束语

动物源食品含优质蛋白、无机元素等人体必需营养素，是人类获取这些营养的重要来源之一，在人类日常膳食和健康维护，动物源食品具有不可替代的地位。近几年来，药食同源动物源食品质量控制的研究成果明显增多，基原鉴定、成分分析和多维评价模型构建等各个方面的创新技术不断涌现。分子生物学方法提高了物种鉴定的准确性，扩大了单次鉴定的范围，色谱与质谱联用技术可以对复杂的成分进行准确的定性定量，人工智能与多模态数据融合则推动了传统性状鉴别的科学化与智能化。但是，该领域的许多问题仍然没有得到解决，主要为原料来源复杂、基

质干扰大、质量标志物识别困难、化学组成繁杂且多变、活性很难证明、加工贮藏过程中容易出现成分降解、标准缺失、多组学整合不足等问题, 这些问题大大限制了质量控制体系的建立和使用。未来研究应该努力创建一套将现代多维分析技术、智能信息处理以及标准化体系综合起来的综合性质控策略, 拓宽多组学分析同人工智能的融合运用, 塑造出符合产业发展需求的科学质量控制新标准, 保障药食同源动物源食品食用安全, 明确药用有效性, 推动产业高质量发展。

参考文献

[1] 胡思, 王超, 孙贵香, 等. 大健康产业背景下药食同源资源开发的现状与对策研究[J]. 湖南中医药大学学报, 2021, 41(5): 815–820.
HU S, WANG C, SUN GX, *et al*. Research on the development status and countermeasures of medicine and food homologous resources under the background of big health industry [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine University of Hunan, 2021, 41(5): 815–820.

[2] 杨光, 苏芳芳, 陈敏. 药食同源起源与展望[J]. 中国现代中药, 2021, 23(11): 1851–1856.
YANG G, SU FF, CHEN M. Origin and prospect of homology medicine and food [J]. Modern Chinese Medicine, 2021, 23(11): 1851–1856.

[3] 汪树理, 王艳梅. 生长期东北梅花鹿鹿茸总磷脂、硒、磷、还原糖及总糖变化[J]. 经济动物学报, 2024, 28(1): 34–36.
WANG SL, WANG YM. Regular change of total phospholipids, selenium, phosphorus, reducing sugar and total sugar in velvet of northeast sika deer during growth period [J]. Journal of Economic Animal, 2024, 28(1): 34–36.

[4] 何慧楠, 赵大庆, 卢姝言, 等. 柱前衍生 HPLC 法测定梅花鹿鹿茸和马鹿鹿茸中氨基酸的含量[J]. 中医药导报, 2018, 24(24): 80–84.
HE HN, ZHAO DQ, LU SY, *et al*. Determination of amino acids in sika deer antler and red deer velvet by pre-column derivatization chromatography [J]. Guiding Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacology, 2018, 24(24): 80–84.

[5] 刘艳艳, 董书光, 耿加亮, 等. 阿胶加工工艺过程中 DNA 降解规律研究[J]. 药学研究, 2016, 35(9): 501–507.
LIU YY, DONG SG, GENG JL, *et al*. DNA degradation of colla corii asini during processing [J]. Journal of Pharmaceutical Research, 2016, 35(9): 501–507.

[6] 吴新宇, 王帅, 尹冬冬. 基于近红外光谱技术对鹿茸鉴别方法的研究[J]. 林业科技, 2014, 39(2): 17–19.
WU XY, WANG S, YIN DD. Study on using near-infrared spectroscopy technique to identify velvet [J]. Forestry Science & Technology, 2014, 39(2): 17–19.

[7] 林嫚婷, 苏亚霞, 胡汉昆. 食品中抗生素残留的预处理及检测方法研究进展[J]. 食品与药品, 2020, 22(4): 304–309.
LIN MT, SU YX, HU HK. Advances in pretreatment and detection of antibiotic residues in foods [J]. Food and Drug, 2020, 22(4): 304–309.

[8] 孟蕾蕾, 林静, 丁凯歌, 等. ICP-MS 法测定不同产地蜈蚣、地龙、僵蚕 3 种中药材中 16 个元素杂质含量[J]. 中国检验检测, 2023, 31(3): 40–43.
MENG LL, LIN J, DING KG, *et al*. Determination of 16 elemental impurities in three Chinese medicinal materials (scolopendra, pheretima, and bombyx batryticatus) from different habitats by ICP-MS [J]. China Inspection Body & Laboratory, 2023, 31(3): 40–43.

[9] 陈雪婷, 张婷, 王思丰, 等. 基于氨基酸类成分定量结合化学计量学评价不同产地的地龙质量[J]. 中药新药与临床药理, 2025, 36(5): 791–797.
CHEN XT, ZHANG T, WANG SF, *et al*. Quality evaluation of pheretima from different origins based on quantitative analysis of amino acid components combined with chemometrics [J]. Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology, 2025, 36(5): 791–797.

[10] 王泽帅, 陆雨顺, 李珊珊, 等. 不同地区梅花鹿茸中无机元素含量的对比分析[J]. 特产研究, 2021, 43(2): 69–78.
WANG ZS, LU YS, LI SS, *et al*. Comparative analysis of inorganic elements in velvet antler of sika deer indifferent regions [J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2021, 43(2): 69–78.

[11] 李雪玲. 生活状态和阶段、温度和饵料对养殖灰海马营养和功能性组分影响的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2021.
LI XL. Effects of status and stage of life, temperature and diet on nutritionaland bio-functional components inthe lined seahorse (*Hippocampus erectus*) [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2021.

[12] 曾茂芹, 覃涛英, 裴成江, 等. 不同饲养方式对思南黄牛生长、屠宰性能及血清指标与肉品质的影响[J]. 贵州农业科学, 2025, 53(8): 65–76.
ZENG MQ, QIN TY, PEI CJ, *et al*. Effects of different feeding models on growth, slaughter performance, serum indexes and meat quality of sinan yellow cattle [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2025, 53(8): 65–76.

[13] 宋露露, 李云飞, 刘鑫源, 等. 阿胶中驴血清白蛋白的提取纯化、功能特性及抗氧化活性分析[J]. 食品工业科技, 2024, 45(23): 179–188.
SONG LL, LI YF, LIU XY, *et al*. Extraction, purification, functional properties and antioxidant activity analysis of donkey serum albumin from asini corii colla [J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(23): 179–188.

[14] 杨欢, GBLINWON RT, 杨娅娅, 等. 鹿角与鹿茸蛋白质鉴定[J]. 中成药, 2022, 44(6): 1859–1864.
YANG H, GBLINWON RT, YANG YY, *et al*. Identification of proteins from cervi cornu and cervi cornu pantotrichum [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2022, 44(6): 1859–1864.

[15] 贺慧慧, 张汉达, 张然然, 等. 梅花鹿茸、马鹿茸和赤鹿茸的差异蛋白质组学分析及候选特征肽段的筛选[J]. 畜牧兽医学报, 2025, 56(9): 4393–4409.
HE HH, ZHANG HD, ZHANG RR, *et al*. Comparative proteomics analysis and screening of candidate characteristic peptides of sikadeer velvet antler, red deer velvet antler and new zealand red deer velvet antler [J]. Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica, 2025, 56(9): 4393–4409.

[16] 丁钊, 陈科力, 佘瑶瑶, 等. 药用水蛭种类及水蛭多肽研究现状[J]. 中国现代中药, 2022, 24(8): 1588–1594.
DING Z, CHEN KL, SHE YY, *et al*. Research advances of medicinal leeches and leech polypeptides [J]. Modern Chinese Medicine, 2022, 24(8): 1588–1594.

[17] 钟红平, 王宽锋, 刘世平. 蛇胆川贝液治疗小儿难治性支原体肺炎的临床疗效观察[J]. 中药药理与临床, 2017, 33(2): 192–194.
ZHONG HP, WANG KF, LIU SP. Clinical efficacy of Xiakucao oral liquid combined with antibiotic on chronic mastitis [J]. Traditional Chinese Medicine Pharmacology and Clinical Practice, 2017, 33(2): 192–194.

[18] 巩晓宇, 陆燕萍, 严俊珍, 等. 地龙和水蛭脂质成分的比较分析[J]. 中

国药师, 2022, 25(8): 1486–1489.
GONG XY, LU YP, YAN JZ, *et al*. Comparative analysis of lipid components between earthworm and leech [J]. Frontiers in Pharmaceutical Sciences, 2022, 25(8): 1486–1489.

[19] ZHANG Y, LI J, ZENG Z, *et al*. Exploring the freshness biomarker and volatiles formation in stored pork by means of lipidomics and volatilomics [J]. Food Research International, 2025, 200: 115476.

[20] WANG D, XIAO H, LYU X, *et al*. Lipid oxidation in food science and nutritional health: A comprehensive review [J]. Oil Crop Science, 2023, 8(1): 35–44.

[21] YI W, HUANG Q, WANG Y, *et al*. Lipo-nutritional quality of pork: The lipid composition, regulation, and molecular mechanisms of fatty acid deposition [J]. Animal Nutrition, 2023, 13: 373–385.

[22] CUI S, WANG Y, ZHOU Z, *et al*. A comprehensive evaluation of lipid profiles and nutritional quality in different animal source muscle tissues [J]. Food Bioscience, 2024, 59: 103947.

[23] 汪树理, 王艳梅. 生长期东北梅花鹿鹿茸无机元素及水解氨基酸变化[J]. 经济动物学报, 2023, 27(4): 241–243.
WANG SL, WANG YM. Inorganic elements and hydrolysis amino acids of growing period northeast sika deer velvet [J]. Journal of Economic Animal, 2023, 27(4): 241–243.

[24] 陈晶, 胡晶红, 郭媛媛, 等. 蟾皮有效成分提取工艺优化及其体外抑菌试验[J]. 中南药学, 2024, 22(10): 2618–2623.
CHEN J, HU JH, GUO YY, *et al*. Optimization of extraction of active ingredients from toad skin and related antibacterial experiment *in vitro* [J]. Central South Pharmacy, 2024, 22(10): 2618–2623.

[25] MATSUDA Y, WALANABE T. Effects of oyster extract on the reproductive function of zinc-deficient mice: Bioavailability of zinc contained in oyster extract [J]. Congenital Anomalies, 2003, 43(4): 271–279.

[26] 夏泽敏, 陈蔚, 梁文耀, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法快速测定化妆品中 3 种有机胺类风险物质[J]. 分析测试学报, 2025, 44(11): 2397–2402.
XIA ZM, CHEN W, LIANG WY, *et al*. Rapid determination of three organic amines in cosmetics byultra performance liquid chromatography-tandem massspectrometry [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2025, 44(11): 2397–2402.

[27] 成蕊, 谢瑜杰, 常巧英, 等. 一步式自动 QuEChERS 结合液相色谱-四极杆-飞行时间质谱法同时检测酸枣仁中 151 种农药和 15 种真菌毒素[J]. 分析测试学报, 2025, 44(9): 1912–1923.
CHENG R, XIE YJ, CHANG QY, *et al*. Simultaneous determination of 151 pesticides and 15 mycotoxins in ziziphi spinosae semen by one-step automated QuEChERS combined with LC-Q-TOF MS [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2025, 44(9): 1912–1923.

[28] 胡中海, 焦晓磊, 彭震宇, 等. EMR-Lipid净化结合UPLC-MS/MS法测定 5 种常见动物源性食品中 8 种喹诺酮类药物的基质效应研究[J]. 农产品加工, 2025, 11(11): 75–80.
HU ZH, JIAO XL, PENG ZY, *et al*. Detection of matrix effects of 8 kinds quinolones residues in 5 kinds of animal derived foods by emr-lipid-uplc-ms/ms method [J]. Agricultural Products Processing, 2025, 11(11): 75–80.

[29] 张雪燕, 戴瑜婷, 王艺璇, 等. 枸杞化学成分和药理作用研究进展及质量标志物的预测分析[J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(1): 174–183, 260.
ZHANG XY, DAI YT, WANG YX, *et al*. Research progress of gouqi (*Lycium barbarum*) and predictive analysis on its Q-markers [J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2024, 42(1): 174–183, 260.

[30] 冯所芹, 罗婷, 刘丽霞, 等. 人参皂苷抗氧化应激作用及其机制的研究进展[J]. 现代中药研究与实践, 2025, 39(4): 82–87.
FENG SQ, LUO T, LIU LX, *et al*. Research progress on anti-oxidative stress effect and mechanisms of ginsenosides [J]. Research and Practice on Chinese Medicines, 2025, 39(4): 82–87.

[31] LI LF, CHENG HY, LANG J, *et al*. An oligosaccharide marker for rapid authentication of edible bird's nest [J]. Food Chemistry, 2023, 409: 135334.

[32] WU WJ, LI LF, FUNG HY, *et al*. Qualitative and quantitative analysis of ejiao-related animal gelatins through peptide markers using LC-QTOF-MS/MS and scheduled multiple reaction monitoring (MRM) by LC-QQQ-MS/MS [J]. Molecules, 2022, 27(14): 4643.

[33] LI LF, BUT GWC, ZHANG QW, *et al*. A specific and bioactive polysaccharide marker for cordyceps [J]. Carbohydrate Polymers, 2021, 269: 118343.

[34] 张联. 中国药典"炮制通则"中药炮制方法分类探讨[J]. 中国现代应用药学, 2020, 37(18): 2287–2290.
ZHANG L. Discussion on classification of Chinese crude drugs processing methods in "general principles forprocessing" of Chinese pharmacopoeia [J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2020, 37(18): 2287–2290.

[35] 宁盈悦, 田林华, 姚琳, 等. 不同炮制工艺制备广地龙可溶性蛋白对HaCaT 细胞的影响[J]. 时珍国医国药, 2024, 35(6): 1402–1404.
NING YY, TIAN LH, YAO L, *et al*. Effects of soluble proteins of *Pheretima aspergillum* prepared by different concoctions on HaCaT cells [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2024, 35(6): 1402–1404.

[36] 刘淑娟, 朱琼宇, 赵晓祥, 等. 不同储存条件对鹿茸总糖和水溶性蛋白的影响[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2014, 32(5): 57–60.
LIU SJ, ZHU QY, ZHAO XX, *et al*. Effects of different storage conditions on total sugar and water soluble protein in antler [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science), 2014, 32(5): 57–60.

[37] 刘瑞芝, 马俊莹, 徐姣, 等. 辩状论质论研究的现状[J]. 中国保健营养, 2018, 28(10): 29–30.
LIU RZ, MA JY, XU J, *et al*. New progress in discrimination for the quality of TCM by character [J]. China Health Care & Nutritio, 2018, 28(10): 29–30.

[38] 李楚芬, 翁雪芬, 朱志伟. 鹿茸品种的性状鉴别分析[J]. 中国基层医药, 2014(z2): 25–26, 27.
LI CF, WENG XF, ZHU ZW. Analysis on morphological identification of different varieties of pilose antler [J]. Chinese Journal of Primary Medicine and Pharmacy, 2014(z2): 25–26, 27.

[39] 刘丽, 曲静, 包辉, 等. 六种鹿茸茸毛的显微特征比较鉴别[J]. 辽宁中医杂志, 2008, 35(6): 906–908.
LIU L, QU J, BAO H, *et al*. Conparative identification on microstructure charcter of six kinds of pilose antler velvet [J]. Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine, 2008, 35(6): 906–908.

[40] 李建军, 常筱沛, 马静潇, 等. 电子眼、电子鼻和电子舌鉴别不同品种、不同产地生地黄[J]. 中成药, 2022, 44(11): 3549–3554.
LI JJ, CHANG XP, MA JX, *et al*. Discrimination of different cultivars and

habitats of raw *Rehmannia glutinosa* with electronic eye, electronic nose and electronic tongue [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2022, 44(11): 3549–3554.

[41] GUI XJ, LI H, MA R, *et al*. Authenticity and species identification of *Fritillariae cirrhosae*: A data fusion method combining electronic nose, electronic tongue, electronic eye and near infrared spectroscopy [J]. Frontiers in Chemistry, 2023, 11: 1179039.

[42] 孙洁, 田芳, 毛润乾, 等. DNA 条形码技术对市售地龙饮片的鉴别研究[J]. 海峡药学, 2019, 31(10): 35–38.
SUN J, TIAN F, MAO RQ, *et al*. Identification of commercial Dilong pieces by DNA barcode technology [J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2019, 31(10): 35–38.

[43] 格小光, 蒋超, 田娜, 等. 基于 DNA 测序技术的市售地龙类药材基原调查与考证研究[J]. 中国现代中药, 2019, 21(9): 1206–1214.
GE XG, JIANG C, TIAN N, *et al*. DNA Sequencing to identify zoological origin of commercial pheretima from chinese herbal markets and discussion on its herbal textual research [J]. Modern Chinese Medicine, 2019, 21(9): 1206–1214.

[44] 高晓晨, 刘冬, 崔丽娜, 等. 市售鹿茸饮片及鹿茸粉的 DNA 条形码鉴定[J]. 吉林中医药, 2016, 36(7): 706–708.
GAO XC, LIU D, CUI LN, *et al*. Identification of antler yinpian antler powder components based on DNA barcoding technology [J]. Jilin Journal of Traditional Chinese Medicine, 2016, 36(7): 706–708.

[45] 贾静, 石林春, 徐志超, 等. 市售鹿茸粉药材的 DNA 条形码鉴定[J]. 药学学报, 2015, 50(10): 1356–1361.
JIA J, SHI LC, XU ZC, *et al*. Identification of antler powder components based on DNA barcoding technology [J]. Acta Pharmaceutica Sinica B, 2015, 50(10): 1356–1361.

[46] SOLIMAM RH, MARTIN-RAMIREZ A, RUBIO JM, *et al*. Diagnostic performance of loop-mediated isothermal amplification (LAMP) and ultra-sensitive PCR in diagnosis of malaria in western Saudi Arabia [J]. Acta Protozoologica, 2023, 62: 15–23.

[47] 陈士林, 庞晓慧, 姚辉, 等. 中药 DNA 条形码鉴定体系及研究方向[J]. 世界科学技术(中医药现代化), 2011, 13(5): 747–754.
CHEN SL, PANG XH, YAO H, *et al*. Identification system and perspective for DNA barcoding traditional Chinese materia medica [J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2011, 13(5): 747–754.

[48] 张艳平. 怎样辨别鹿茸片的真假[J]. 吉林畜牧兽医, 2021, 42(11): 115, 117.
ZHANG YP. How to distinguish the authenticity of deer antler slices [J]. Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2021, 42(11): 115, 117.

[49] 李正刚, 邵大志, 张亦萌, 等. GC-ECD 法测定地龙药材中 17 种有机氯类农药残留[J]. 中国民族民间医药, 2023, 32(18): 45–48.
LI ZG, SHAO DZ, ZHANG YM, *et al*. Determination of 17 organochlorine pesticide residue in pheretima by GC-ECD [J]. Journal of Medicine and Pharmacy of Chinese Minorities, 2023, 32(18): 45–48.

[50] 王鹏思, 李嘉欣, 石上梅, 等. GC 法测定市售动物源性中药材地龙、水蛭中 3 种氯霉素类药物的残留量[J]. 中国兽药杂志, 2017, 51(3): 65–69.
WANG PS, LI JX, SHI SM, *et al*. Determination of 3 chloramphenicols medicine residuesin animal-origin Chinese medicinal materials pheretima and hirudoin the retailer by gas chromatography [J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2017, 51(3): 65–69.

[51] 黄飞, 李灵云, 于卉娟, 等. 气相色谱法快速测定水蛭中短链脂肪酸含量[J]. 天津中医药大学学报, 2023, 42(1): 103–107.
HUANG F, LI LY, YU HJ, *et al*. Rapid determination of short chain fatty acids in leech by gas chromatography [J]. Journal of Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, 2023, 42(1): 103–107.

[52] 滕雪, 宋亚娟, 刘荣荣, 等. 全蝎膏及其单味药挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 中国中医药科技, 2024, 31(6): 991–997.
TENG X, SONG YJ, LIU RR, *et al*. GC-MS analysis of volatile components in scorpion ointment and its single herbal ingredients [J]. Chinese Journal of Traditional Medical Science and Technology, 2024, 31(6): 991–997.

[53] 刘畅, 张磊, 陈建波, 等. HS-SPME-GC-MS 技术测定鹿茸即食片加工过程中的气味物质成分[J]. 食品科技, 2018, 43(10): 331–335, 339.
LIU C, ZHANG L, CHEN JB, *et al*. Determination of volatiles in processing of instant deer antler chips by headspace solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Science and Technology, 2018, 43(10): 331–335, 339.

[54] 穆传辉, 嵇传良, 段小波, 等. 基于超快速气相电子鼻与 GC–FID/Qtof 联用鉴定阿胶中关键香气化合物的研究[J]. 皮革科学与工程, 2025, 35(4): 9–16.
MU CH, JI CL, DUAN XB, *et al*. Identification of key aroma-active compounds in Ejiao byjoint application of ultra-fast gas phase electronic noseand GC-FID/Qtof [J]. Leather Science and Engineering, 2025, 35(4): 9–16.

[55] 谭必琴, 赵勇, 刘雁鸣. HPLC-CAD 法同时测定蜂蜜中的果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖含量[J]. 中国药师, 2017, 20(7): 1316–1318.
TAN BQ, ZHAO Y, LIU YM. Simultaneous determination of fructose, glucose, sucrose and maltose in honey by HPLC-CAD [J]. Frontiers in Pharmaceutical Sciences, 2017, 20(7): 1316–1318.

[56] 郑星, 王凯, 薛晓锋, 等. 高效液相色谱-示差折光检测法检测无刺蜂蜂蜜中海藻酮糖含量[J]. 食品科学, 2022, 43(16): 217–225.
ZHENG X, WANG K, XUE XF, *et al*. Determination of trehalulose in stingless bee honey by high performance liquid chromatography with refractive index detector [J]. Food Science, 2022, 43(16): 217–225.

[57] 吴文如, 李薇, 赖小平. HPLC 法测定不同产地地龙中尿嘧啶、次黄嘌呤、尿苷、肌苷的含量[J]. 中国药师, 2011, 14(7): 914–917.
WU WR, LI W, LAI XP. Determination of uracil, hypoxantine, uridine and inosine in earthworm from different habitats by HPLC [J]. Frontiers in Pharmaceutical Sciences, 2011, 14(7): 914–917.

[58] 王艳红, 冯翠娟, 刘兴国, 等. UPLC-QQQ-MS/MS 法同时测定广地龙配方颗粒中的 9 种成分的含量[J]. 中成药, 2024, 46(11): 3750–3754.
WANG YH, FENG CJ, LIU XG, *et al*. Simultaneous determination of the contents of 9 components in pheretima aspergillum formula granules by UPLC-QQQ-MS/MS [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2024, 46(11): 3750–3754.

[59] 胡小勤, 蒙丹, 曾学文, 等. 基于 UPLC-Q-TOF-MS/MS 和 HPLC 的广东产广地龙鲜、干品主要化学成分分析[J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(12): 2051–2063.
HU XQ, MENG D, ZENG XW, *et al*. Analysis of the main chemical components in fresh and dried *Pheretima aspergillum* from Guangdong by UPLC-Q-TOF-MS/MS and HPLC [J]. Natural Product Research and Development, 2024, 36(12): 2051–2063.

[60] 梁素仪, 江斌, 蔡小兵, 等. 蜈蚣药材、饮片、标准汤剂与配方颗粒的

特征图谱相关性研究及量值传递分析[J]. 中南药学, 2024, 22(7): 1903–1908.
LIANG SY, JIANG B, CAI XB, *et al*. Correlation of characteristic spectrum and quantitative value transfer analysis of scolopendra and its decoction pieces, standard decoction and formula granules [J]. Central South Pharmacy, 2024, 22(7): 1903–1908.

[61] 吴润松, 谢翡翡, 吴妙梨, 等. 基于特征图谱及生物活性的不同来源水蛭质量评价[J]. 中药材, 2024, 47(8): 2017–2021.
WU RS, XIE FF, WU ML, *et al*. Quality evaluation of leech from different sources based on specific chromatogram and bioactivity [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2024, 47(8): 2017–2021.

[62] 魏娜, 徐汪伟, 魏晴, 等. HPLC 测定海马中核苷和核苷酸的含量[J]. 广州化工, 2015, 43(4): 128–130, 178.
WEI N, XU WW, WEI Q, *et al*. Assay of nucleosides and nucleotides in hippocampus by HPLC [J]. Guangzhou Chemical Industry, 2015, 43(4): 128–130, 178.

[63] 赵晓莉, 崔小兵, 狄留庆, 等. HPLC 法测定海马中次黄嘌呤、黄嘌呤的含量[J]. 中药材, 2002, 25(10): 716–717.
ZHAO XL, CUI XB, DI LQ, *et al*. Determination of hypoxanthine and xanthine in hippocompus by HPLC method [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2002, 25(10): 716–717.

[64] 杨帅, 郑林, 迟明艳, 等. UPLC-MS/MS 法同时测定阿胶中 18 种核苷、游离氨基酸的含量[J]. 中成药, 2024, 46(7): 2140–2146.
YANG S, ZHENG L, CHI MY, *et al*. Simultaneous content determination of eighteen nucleosides and free amino acids in *Colla corii* asini by UPLC-MS/MS [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2024, 46(7): 2140–2146.

[65] 蒲健, 杨帅, 祝扬帆, 等. UPLC-MS/MS 法同时测定阿胶中 20 种氨基酸含量及其化学模式识别分析[J]. 中国药业, 2024, 33(22): 87–94.
PU J, YANG S, ZHU YF, *et al*. Simultaneous determination of 20 amino acids in asini corii colla by UPLC-MS/MS and its chemical pattern recognition [J]. China Pharmaceuticals, 2024, 33(22): 87–94.

[66] 赵艳霞, 姜树银, 巩丽萍, 等. 阿胶糕中驴皮源成分的质量控制研究[J]. 药学研究, 2022, 41(2): 92–95, 106.
ZHAO YX, JIANG SY, GONG LP, *et al*. Study on the quality control of skin ingredients of donkey in donkey-hide gelatin pastry [J]. Journal of Pharmaceutical Research, 2022, 41(2): 92–95, 106.

[67] 余彩娟, 刘册家, 杨光霞, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定鹿骨胶中阿胶特征多肽[J]. 化学分析计量, 2024, 33(11): 97–101.
YU CJ, LIU CJ, YANG GX, *et al*. Determination of asini corii colla characteristic polypeptides in deer bone gelatin by ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chemical Analysis and Meterage, 2024, 33(11): 97–101.

[68] 王新琪, 李卓. 熊胆及其制剂的质量控制研究[J]. 长春中医药大学学报, 2006, 22(2): 51.
WANG XQ, LI Z. Research on quality control of bear bile and its preparations [J]. Journal of Changchun University of Chinese Medicine, 2006, 22(2): 51.

[69] 黄良江. HPLC法同时测定蜂蜜中3种还原糖成分的含量[J]. 山东化工, 2023, 52(13): 143–147.
HUANG LJ. Simultaneous determination of three reducing sugar components in honey by HPLC [J]. Shandong Chemical Industry, 2023, 52(13): 143–147.

[70] 李樱红, 周萍, 李加芬, 等. 蜂蜜中甘油残留量测定及限度标准建议[J]. 中国蜂业, 2022, 73(10): 59–64.
LI YH, ZHOU P, LI JF, *et al*. Determination of glycerol residues in honey and its recommendations on limit standards [J]. Apiculture of China, 2022, 73(10): 59–64.

[71] 聂紫璇, 常源, 缪翼翔, 等. 超高效液相色谱-四极杆-飞行时间全信息串联质谱技术分析黄芪中黄酮类及皂苷类化合物质谱裂解规律[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(24): 170–180.
NIE ZX, CHANG Y, MIAO YX, *et al*. Fragmentation pattern of flavonoids and saponins in *Astragali radix* by mass spectrum based on ultra performance liquid chromatography-quadrupole-time of flight-mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(24): 170–180.

[72] 张楠茜, 孙慧, 吕经纬, 等. 基于液质联用技术结合多元统计分析的鹿茸热炮制机理研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(2): 327–330.
ZHANG NX, SUN H, LV JW, *et al*. Study on the mechanism of heat processing of pilose antler by the combination of liquid and mass technology and multivariate statistical analysis [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2020, 31(2): 327–330.

[73] 周涛, 陈志民, 付丽红, 等. HPLC-MS/MS 快速测定蜂蜜中五氯酚残留[J]. 浙江农业科学, 2024, 65(3): 685–688.
ZHOU T, CHEN ZM, FU LH, *et al*. Rapid determination of pentachlorophenol residues in honey by HPLC-MS/MS [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2024, 65(3): 685–688.

(责任编辑: 安香玉 蔡世佳)