

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20241018003

保健食品中非法添加化学药物检测技术研究进展

李方方¹, 丁贝贝², 王媛媛³, 于艳军¹, 潘红蕊^{1*}

(1. 天津海关工业产品安全技术中心, 天津 300457; 2. 淄博市周村区检验检测中心, 淄博 255300;
3. 天津海关后勤管理中心, 天津 300012)

摘 要: 保健食品是适用于特定人群食用, 具有调节机体功能, 不以治疗疾病为目的食品。随着人们生活水平和对健康关注度的不断提高, 保健食品市场也日益增加。一些不法商家为了牟取利益在保健食品中非法添加具有治疗效果的化学药物和有害成分, 给消费者的身体健康造成严重威胁。非法添加化学药物的种类繁多, 且新型化学药物不断出现, 因此对保健食品中非法添加化学药物进行有效监管, 建立能同时对保健食品中目标物和非目标物进行全面检测分析的高效、可靠、灵敏的检测方法已成为行业亟需解决的焦点问题。本文对保健食品非法添加化学药物的现状进行了简单概述, 重点梳理了保健食品中非法添加化学物质检测方法, 并对新型检测技术与方法进行展望, 为保健食品非法添加快速筛查提供参考。

关键词: 保健食品; 非法添加; 化学药物; 检测技术

Research progress on determination technologies for illegally added chemical drugs in health food

LI Fang-Fang¹, DING Bei-Bei², WANG Yuan-Yuan³, YU Yan-Jun¹, PAN Hong-Rui^{1*}

(1. Technical Center of Safety of Industrial Products of Tianjin Customs, Tianjin 300457, China;
2. Zibo Zhoucun Inspection and Testing Center, Zibo 255300, China;
3. Tianjin Customs Center of Logistics Administration, Tianjin 300012, China)

ABSTRACT: Health food is suitable for specific people to eat, with regulating body function, not for the purpose of treating diseases. With the continuous improvement of people's living standards and attention to health, the health food market is also increasing. Some illegal businesses in order to gain benefits illegally add chemicals that have therapeutic effects and harmful ingredients, it poses a serious threat to the health of consumers. There are many kinds of illegally added chemical drugs, and new chemical drugs are constantly appearing. Therefore, the effective supervision of illegal chemical drugs in health food and the establishment of efficient, reliable and sensitive detection methods for comprehensive detection and analysis of both target and non-target substances in health food have become the focus of the industry. This paper briefly summarized the current situation of illegal addition of chemical drugs in health food, and mainly sorted out the detection methods of illegal addition of chemical drugs in health food, and prospected the new detection techniques and methods, so as to provide reference for rapid screening of illegal addition of health food.

基金项目: 海关总署科研项目(2023HK084)

Fund: Supported by the Research Project of General Administration of Customs (2023HK084)

*通信作者: 潘红蕊, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: lizzy0430@sina.com

*Corresponding author: PAN Hong-Rui, Master, Engineer, Technical Center of Safety of Industrial Products of Tianjin Customs, No.52, Second Street, Binhai New District, Tianjin 300457, China. E-mail: lizzy0430@sina.com

KEY WORDS: health food; illegal addition; chemical drugs; detection technology

0 引言

保健食品是声称并具有特定保健功能或者以补充维生素、矿物质为目的的食品。即适用于特定人群食用, 具有调节机体功能, 不以治疗疾病为目的, 并且对人体不产生任何急性、亚急性或慢性危害的食品。随着人们生活水平的提高, 越来越注重营养与健康, 对保健食品的需求也日益增加。为了牟取利益, 一些不法商家在保健食品中非法添加具有治疗效果的药物和有害成分, 达到快速起效、增强其宣称的功效, 长期或超剂量服用, 就会给消费者的身体健康造成严重威胁^[1-5]。监管部门历来严厉打击保健食品中非法添加化学药物的行为, 但由于非法添加化学药物的种类繁多又非常隐蔽, 且新型化学药物不断出现, 这就对保健食品中非法添加化学药物的检测技术提出了更高的要求^[6]。因此对保健食品中非法添加化学药物进行有效监管, 建立能同时对保健食品中目标物和非目标物进行全面检测分析的高效、可靠、灵敏的检测方法已成为行业亟需解决的焦点问题。本文主要阐述了重点类别保健食品中非法添加的特点, 重点梳理了保健食品中非法添加化学物质检测方法, 并对新型检测技术与方法进行展望, 为保健食品非法添加快速筛查提供参考, 进而加强我国保健食品质量安全的有效监管, 提高监管效率。

1 保健食品中非法添加化学药物概况

2023 年 8 月 31 日, 市场监管总局、国家卫生健康委、国家中医药局联合发布了《允许保健食品声称的保健功能目录 非营养素补充剂(2023 年版)》及配套文件。《目录》中将原来的 27 种保健功能调整为 24 种, 删掉了“改善生长发育”“促进泌乳”“改善皮肤油分”3 种共识程度不高、健康需求不明晰的保健功能, 调整后各类别如表 1 所示。

目前, 涉及非法添加化学药物的保健食品主要集中在使用人群较广、市场占比较高的几类产品: 有助于控制体内脂肪产品^[7-8]、有助于维持血糖健康水平产品^[9]、缓解体力疲劳产品、有助于增强免疫力产品、有助于改善睡眠产品、有助于维持血压健康水平产品和有助于维持血脂(胆固醇/甘油三酯)健康水平产品^[10-13]。近年来, 非法添加化学药物的成分越来越复杂, 如非法添加处方药、已经退市的药物、对现有药物结构进行修饰的类似物、尚未批准的新型药物和先导化合物等^[14-17]。本文对使用情况较多、占据市场比重较大的几类保健功能产品非法添加情况进行了梳理汇总, 其可能添加的成分详见表 2^[5-7, 18-19]。

表 1 保健食品的功能类别
Table 1 Functional categories of health food

序号	保健功能名称	序号	保健功能名称
1	有助于增强免疫力	13	有助于改善黄褐斑
2	有助于抗氧化	14	有助于改善皮肤水份状况
3	辅助改善记忆	15	有助于调节肠道菌群
4	缓解视觉疲劳	16	有助于消化
5	清咽润喉	17	有助于润肠通便
6	有助于改善睡眠	18	辅助保护胃粘膜
7	缓解体力疲劳	19	有助于维持血脂(胆固醇/甘油三酯)健康水平
8	耐缺氧	20	有助于维持血糖健康水平
9	有助于控制体内脂肪	21	有助于维持血压健康水平
10	有助于改善骨密度	22	对化学性肝损伤有辅助保护作用
11	改善缺铁性贫血	23	对电离辐射危害有辅助保护作用
12	有助于改善痤疮	24	有助于排铅

2 保健食品中非法添加化学药物检测技术

保健食品中非法添加化学药物的检测技术已经取得很大进展, 所用检测设备也紧跟时代步伐, 一些传统检测方法如化学反应法、薄层色谱法等仅能满足单一或一类化合物检测, 灵敏度、准确度及通用性较差, 且非法添加化学药物不有许多类似物, 采用薄层色谱法筛查, 高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)定性后, 阳性样品仍需高效液相色谱-串联质谱(high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, HPLC-MS/MS)法确证, 方法复杂、效率低, 远不能满足检测需求^[20-21]。目前常用的检测分析方法主要包括 HPLC、HPLC-MS/MS、超高效液相色谱-串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS)、超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法(ultra performance liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry, UPLC-Q-Orbitrap HRMS)、近红外光谱法(near infrared spectroscopy, NIR)、表面增强拉曼光谱法(surface enhanced Raman spectroscopy, SERS)等。本文主要针对近几年采用上述几种研究方法检测保健食品中非法添加化学药物的文献进行全面综述分析, 为进一步开发快速检测新方法和新技术提供理论参考。

表 2 保健食品中可能非法添加的化学药物
Table 2 Chemical drugs that may be illegally added in health food

序号	保健功能分类	可能非法添加的化学药物
1	有助于控制体内脂肪产品	西布曲明、麻黄碱、芬氟拉明、咖啡因、呋塞米、酚酞、盐酸芬氟拉明、盐酸西布曲明、盐酸 N,N-双去甲基西布曲明、盐酸 N-单去甲基西布曲明、盐酸苯丙醇胺、盐酸去甲伪麻黄碱、盐酸麻黄碱、盐酸伪麻黄碱、盐酸甲基麻黄碱、硫酸安非他明、氯噻唑、氢氯噻唑、盐酸甲基安非他明、盐酸分特拉明、盐酸氯卡色林、盐酸安非他酮、普伐他汀钠、盐酸氟西汀、吲达帕胺、盐酸苄基西布曲明、盐酸豪莫西布曲明、比沙可啶、盐酸氯代西布曲明、苯扎贝特、布美他尼、洛伐他汀、辛伐他汀、盐酸利莫那班、非诺贝特、奥利司他、匹可硫酸钠、大黄酚、橙黄决明素等
2	有助于维持血糖健康水平产品	甲苯磺丁脲、格列苯脲、格列齐特、格列吡嗪、格列喹酮、格列美脲、马来酸罗格列酮、瑞格列奈、盐酸吡格列酮、盐酸二甲双胍、盐酸苯乙双胍、格列波脲、格列喹酮、甲苯磺丁脲、氯磺丙脲、妥拉磺脲、瑞格列奈、那格列奈、米格列奈、二甲双胍、苯乙双胍、丁二胍、阿卡波糖、伏格列波糖、罗格列酮、吡格列酮、西格列汀、沙格列汀、维格列汀、艾塞那肽、利拉鲁肽等
3	缓解体力疲劳产品/有助于增强免疫力产品	那红地那非、红地那非、伐地那非、羟基豪莫西地那非、西地那非、豪莫西地那非、氨基他达拉非、他达拉非、硫代艾地那非、伐地那非和那莫西地那非等 PDE5 型(磷酸二酯酶 5 型)抑制剂等
4	有助于改善睡眠产品	地西洋、硝西洋、氯硝西洋、氯氮卓、奥沙西洋、劳拉西洋、氟西洋、氯甲西洋、氟硝西洋、普劳西洋、去甲西洋、替马西洋、去甲基氟西洋、马来酸咪唑唑仑、咪达唑仑、艾司唑仑、阿普唑仑、三唑仑、巴比妥、苯巴比妥、异戊巴比妥、司可巴比妥、戊巴比妥、氯美扎酮、文法拉辛、青藤碱、罗通定、氯苯那敏、佐匹克隆、扎来普隆、苯妥英钠、氯丙嗪、异丙嗪、奥氮平、氯氮平、氟桂利嗪、褪黑素等
5	有助于维持血压健康水平产品	阿替洛尔、盐酸可乐定、氢氯噻嗪、卡托普利、哌唑嗪、利血平、硝苯地平、恩那普利、喹那普利、贝那普利、缬沙坦、氯沙坦、厄贝沙坦、替米沙坦、坎地沙坦酯、奥美沙坦酯、呋塞米、吲达帕胺、硝苯地平、氨氯地平、尼莫地平、尼群地平、尼索地平、尼卡地平、西尼地平、拉西地平、乐卡西平、非洛地平、氟桂利嗪、地尔硫卓、维拉帕米、可乐定、甲基多巴、胍屈嗪、地巴唑、乌拉地尔、阿替洛尔、美托洛尔、比索洛尔、普萘洛尔、特拉唑嗪、多沙唑嗪、妥拉唑林、卡维地洛等
6	有助于维持血脂(胆固醇/甘油三酯)健康水平产品	酸式洛伐他汀、洛伐他汀、美伐他汀、辛伐他汀、普伐他汀、氟伐他汀、匹伐他汀、瑞舒伐他汀、去羟基洛伐他汀、洛伐他汀羟酸钠盐、烟酸、阿昔莫司、苯扎贝特、非诺贝特、氯贝特、普罗布考、吉非罗齐等

2.1 高效液相色谱法

HPLC 具有高压、高灵敏度等特点, 操作简便、快速, 具有较高的分辨能力, 使用紫外光度检测器、二极管阵列检测器(diode array detector, DAD), 在现行国家食药局方法系统中广泛应用于保健食品中非法添加化学药物的检测^[22]。薛琼等^[23]利用采用 HPLC 检测了降糖保健品中可能会添加的 9 种化学药物, 本方法简单、快速、重复性好、稳定性好, 该方法中采用的是紫外检测器, 其功能单一, 虽然具有很强的定量特性, 但定性作用较弱, 分析保健食品这类干扰因素较多的样品时有可能出现不同组分在同一时间或极其相近时间点出峰的现象, 易造成假阳性结果。因此现在较多采用 DAD, 与紫外检测器不同, DAD 检测可同时在设定波长区域内对各波长进行色谱数据采集, 采用 HPLC-DAD 技术的检测结果既可得到各波长下的色谱图, 还可得到各时间下的光谱图, 可有效地进行物质的定性分析^[24]。徐硕等^[25-26]利用 HPLC-DAD 技术, 建立了补肾壮阳和改善前列腺功能保健品中非法添加的 17 种成分的检查方法, 对该类药物的筛查具有一定指导意义; 还利用

HPLC-DAD 技术建立了助眠保健品中可能添加的 20 种化学药物的检测方法, 准确、简便、易于推广应用。宁炜^[27]利用 HPLC-DAD 技术对抗疲劳、增强免疫力类保健食品中非法红地那非等 11 种化学药品的筛查和定量检测。金鑫等^[28]利用 HPLC-DAD 法测定了减肥保健食品中 12 种非法添加化学药物的含量, 并采用 HPLC-MS/MS 对阳性样品进行了确证。HPLC 成本低, 操作简单, 缺点是该法无法提供分析物结构信息, 仅靠保留时间定性^[29]。

2.2 高效液相色谱-串联质谱法

由于 HPLC 法需要分析物的标准对照品, 而保健食品中非法添加化学药物中有许多新型未知物或未被监管部门检测的物质, 所以采用既能有效分离非法添加物又能对直接对其结构信息进行鉴别的 HPLC-MS/MS 作为保健食品非法添加的有效分析方法之一。2017 年, 原国家食品药品监督管理总局发布的食品补充检验方法《食品中西布曲明等化合物的测定》, 规定了食品(含保健食品)基质中西布曲明等 33 种违法添加减肥降脂类化合物的 HPLC-MS/MS 测定方法; 同年, 发布了《保健食品中 75 种非法添加化学药

物的检测》, 使用 HPLC-MS/MS 对减肥类、壮阳类、降血糖类、降血脂类、改善睡眠类等多种类的保健食品的 75 种非法添加物质的检测方法。周亚兰等^[30]利用 HPLC-MS/MS 在 16 min 内同时对 49 种非法添加的降压降糖类化学药物进行筛查检测, 样品只需 1 次提取进样, 通过色谱峰保留时间、母离子和两对子离子信息进行定性判断, 该方法操作简便、准确度高、适用范围广, 可为保健食品/中成药抽检提供技术支持, 是市售保健食品/中成药监管方法的补充。陶志成等^[31]基于 HPLC-MS/MS 技术, 建立了一种可同时测定保健食品中 39 种降压类药物的方法, 39 种药物在线性浓度范围内线性良好, 平均回收率在 67.4%~130.8%, 精密度为 1.63%~13.20%, 检出限为 0.002~0.680 mg/kg, 定量限为 0.005~2.268 mg/kg, 具有筛查范围广、操作简便、实用性强的优点, 为保健食品中同时测定多种降压类药物的方法研究提供数据和理论基础。李亚庆等^[32]也采用 HPLC-MS/MS 快速测定了保健品中 42 种非法添加化学物质, 操作简单, 检测覆盖范围广, 耗时少, 准确度高。覃娟等^[33]利用 HPLC-MS/MS 法同时检测了保健食品中非法添加的 13 种化学降糖药物, 并将此方法用于实际检测。HPLC-MS/MS 具有高灵敏度和高选择性, 是非法添加化学药物检测中使用广泛的技术手段之一。

2.3 超高效液相色谱-串联质谱法

随着技术的不断迭代升级, HPLC 又升级到了 UPLC, UPLC 大大降低了色谱分析时间, 是一种分离度高、灵敏度高、分离速度快的方法, 将 UPLC 与不同检测器串联, 其中串联质谱的选择性及灵敏度明显优于串联其他检测器, 是现有分析检测技术中效果较好的一种^[34]。邵瑞婷等^[35]选用 UPLC-MS/MS 技术, 针对调节三高类保健食品中可能出现的非法添加成分, 建立了同时测定 59 种非法添加药物的方法。59 种非法添加药物在线性范围内, 相关系数(R^2)均大于 0.980, 回收率在 60.2%~119.5%之间, 相对标准偏差在 1.2%~15.0%之间。该方法具有前处理较简单、分析时间较短、灵敏度好、准确度高、杂质干扰小等特点, 可以用于调节三高类保健食品中多种非法添加药物的检测。刘子雄等^[36]利用 UPLC-MS/MS 高通量检测了减肥、抗疲劳和增强免疫力类保健品中 78 种非法添加化学药物, 实现了对 78 种化学药物的高通量定性和定量分析, 检测分析在 14 min 内完成, 在优化色谱、质谱的条件下, 78 种化学药物分离较好, 线性关系良好, 相关系数均大于 0.9991, 检出限为 0.5~420.0 $\mu\text{g/kg}$, 前处理过程简单、分析时间短、测定结果准确可靠、通量高, 适用于保健食品中非法添加化学药品的定性与定量检测。马俊美等^[37]建立了 UPLC-MS/MS 检测保健食品中 90 种那非类物质的分析方法, 该方法简单高效、选择性好、灵敏度高, 满足大量保健品中那非类物质快速、准确定量的需要。刘云等^[38]利用 UPLC-MS/MS 法快速、准备检测了中成药及保健品中非法

添加的 17 种抗消炎性溃疡化学药物。该方法灵敏度高、准确度高、重现性好, 是目前实验室测定保健食品中非法添加的常用方法。

2.4 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法

UPLC-Q-Orbitrap HRMS 既具备 UPLC 的高度分离性能, 又兼顾轨道阱高分辨质谱的高敏感性和检测能力, 能进行目标物与非目标物的快速筛查与结果确证, 不需要对目标物逐个优化子离子及相关参数, 分析速度更快, 极大地提升了检测化合物的数量以及精度, 广泛应用于食品药品中非法添加化合物的检测^[39-42]。申一鸣等^[43]建立了一种不需要标准品且可在 20 min 内对保健食品中 136 种降压药物进行筛查的 UPLC-Q-Orbitrap HRMS 技术, 并将采集的样品质谱信息与自建立的 136 种非法添加降血压药物质谱信息库进行比对, 通过分子离子精准质量数比对、同位素分布比对进行初筛, 初筛出的阳性化合物通过二级碎片离子解析进行进一步的确证, 此方法通量高、速度快、成本低, 可用于保健食品中非法添加降血压药物的快速筛查。黄芳等^[44]采用 UPLC-Q-Orbitrap HRMS 快速筛查测定了抗疲劳保健中 112 种非法添加化学药物, 112 种化合物的检出限为 0.0125~0.0625 mg/kg, 定量限为 0.025~0.125 mg/kg, 相关系数(R^2)均不低于 0.999, 方法的线性关系良好, 回收率为 62.0%~124.0%, 相对标准偏差为 2.4%~8.9%, 该方法可用于保健食品中非法添加化学药物的高通量快速筛查, 利用全扫描结果, 还能发现数据库以外的可疑化合物, 鉴定新的非法添加物。韩智等^[45]基于 UPLC-Q-Orbitrap HRMS 建立了保健食品中 73 种非法添加成分的高通量定性筛查、定量分析方法, 该方法简单、快速, 精密度及准确性高, 不仅可以作为 73 种化合物的快速检测和定量方法, 还可以根据检测需求反复调用, 进行其他目标化合物的靶向确证及非靶向筛查, 拓宽了数据的可利用性。赵雯婧等^[39]建立抗风湿类中成药和保健食品中 16 种非法添加化学药物的 UPLC-Q-Orbitrap HRMS 测定方法, 高分辨质谱保证了复杂样品中基质干扰的消除, 显著提高了目标物定性和定量结果的准确性。UPLC-Q-Orbitrap HRMS 分辨率高、选择性强、定性定量准确; 对采集的数据可以再次分析, 针对可疑色谱峰进一步推测分子式, 结合二级碎片离子及同位素的信息推测结构式, 可发现新的添加物; 结合 UPLC 的高效便捷分离, 优于传统液相方法, 适用于复杂基质的高选择性、高通量筛查, 还可以不断地扩充数据库中药物种类及数量, 该分析方法可有效填补保健食品非法添加的监管漏洞^[44,46]。

2.5 近红外光谱法

NIR 是通过给定样品中含氢基团 X-H ($\text{X}=\text{C}$ 、 N 、 O 、 S) 在近红外波长 780~2526 nm 范围内振动的倍频和组合

频吸收信息进行测量达成对样品的分析^[47-48]。王冰洁等^[49]运用近红外特征谱段相关系数法快速定性分析减肥类保健食品中是否非法添加酚酞,选定 4400~5500 cm^{-1} 谱段为特征谱段,设定阈值为 70%,选择含酚酞样品的 44 批样品进行验证,其中有 40 个样品的 r 值大于 70%,准确性超过 90%,此方法的检测能力优越,可快速、有效地鉴别市场上减肥类保健食品中是否非法添加酚酞。刘佳明等^[50]建立 NIR 技术快速筛查清咽类制剂中非法添加的 3 种化学药物(阿司匹林、布洛芬、对乙酰氨基酚)的方法,以化学药物对照品的 NIR 图为参照光谱,将样品光谱与参照光谱对比,并对图谱进行处理分析,确定 NIR 中的特征谱段和阈值等参数,建立检测模型,该方法快速、简便、灵敏、结果准确,在日常监督中有较好的实际应用价值。NIR 检测方便、快速、成本低,无损检测,大多数情况下不会对被测样品结构造成损坏,且样品很少需要经化学品预处理,是一种绿色环保的检测方式;主要缺点是灵敏度不高,检测时必须提前建模,分析结果的准确性取决于建立模型的合理性,且建模过程费事、烦琐。

2.6 表面增强拉曼光谱法

SERS 是一种基于拉曼散射原理的快速检测分析技术,通过在金属或非金属纳米结构表面吸附待测物质,实现对其拉曼散射信号的增强,作为分子“指纹”光谱,具有操作简便、灵敏度高、等优点^[51-53]。吴国萍等^[54]基于 SERS 快速检验技术,制备颗粒大小均匀性好的纳米金为表面增强试剂,提出了减肥食品中西布曲明、氢氯噻嗪、氟西汀、酚酞、呋塞米、N-苯甲酰基西布曲明等 6 种违禁药品的快速检测方法,该方法快速、准确,可应用于减肥保健食品中违禁药物成分的现场快速检测。王晓峰等^[55]运用 SERS 快速测定保健食品中非法添加的西布曲明,采用表面增强试剂对保健食品进行快速处理,然后使用手持式拉曼光谱仪对其进行快速定性分析,实验中金、银溶胶两种表面增强试剂均能检测出保健食品中的西布曲明,准确判断出阳性样品和阴性样品,其中金溶胶检测效果更佳,检出限为 10 $\mu\text{g/mL}$ 。SERS 具有高灵敏度、高分辨率、指纹特征性强等优点,能够提供分子结构的信息。然而也存在一定的缺点,如基底种类少、易受荧光干扰、样品基质复杂等,限制了其在实际检测过程中的应用^[56]。

3 结束语

目前保健食品中非法添加化学药物日趋复杂,类似物质层出不穷,以及几种药物相互作用的产物也越来越多,新型添加物质的不断出现给保健食品中非法添加的鉴定与监管带来极大困难。传统的 HPLC 技术、HPLC-MS/MS 技术不适用于非靶向高通量筛选,难以满足新物质鉴定要求;光谱法可以做到无损检测,检测速度快,但是容易受到基

质干扰。而 UPLC-Q-Orbitrap HRMS 技术不仅可以实现对已知非法添加药物针对性的检测和定量分析,具有高通量、高灵敏度、高准确度等特点,适用于广泛筛查和确证,且可在全扫描模式下采集多组分、多离子信息,实现化合物的非靶向筛选鉴定,可以同时检测和分析多种复杂混合物中的化合物,区分非目标物与背景干扰物之间的细微差异,实现准确成分鉴定和定量分析,为监管部门打击保健食品非法添加行为提供了新的技术支撑。

参考文献

- [1] 张璐,李可强,朱辉,等. 减肥类保健食品中非法添加化学药物及检测技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(3): 904-913.
ZHANG L, LI KQ, ZHU H, *et al.* Research progress on illegal additions of chemical drugs in health food for weight loss and their detection technologies [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(3): 904-913.
- [2] 高晋梅,段琼,马春艳,等. 保健食品非法添加物检测技术研究进展[J]. 中国酿造, 2021, 40(9): 19-24.
GAO JM, DUAN Q, MA CY, *et al.* Research progress on detection technology of illegal additives in health food [J]. China Brew, 2021, 40(9): 19-24.
- [3] 李文豪. 保健食品中非法添加物快速检测方法的分析与研究[J]. 食品工程, 2023(4): 4-6, 11.
LI WH. Analysis and research on the rapid detection method of illegal additives in health products [J]. Food Eng, 2023(4): 4-6, 11.
- [4] 田明,王玉伟,冯军,等. 保健食品及相关食品典型案例分析[J]. 中国食品学报, 2024, 24(1): 487-496.
TIAN M, WANG YW, FENG J, *et al.* Typical case analysis of health food and related food [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2024, 24(1): 487-496.
- [5] 李文斌,张萍,徐莹. 调节三高类中成药和保健食品中非法添加化学药物及其检测研究进展[J]. 分析测试技术与仪器, 2022, 28(2): 188-197.
LI WB, ZHANG P, XU Y. Research progress of illegally added chemical medicines and detection in Chinese patent medicines and health foods for regulating three-hypers [J]. Anal Test Technol Inst, 2022, 28(2): 188-197.
- [6] 陈东洋,张昊,冯家力,等. 保健食品中违禁药物检验技术研究进展[J]. 色谱, 2020, 38(8): 880-890.
CHEN DY, ZHANG H, FENG JL, *et al.* Advances in technologies for determination of illegal drugs in health food [J]. Chin J Chromatogr, 2020, 38(8): 880-890.
- [7] 赫文龙,宫国强,刘斌,等. 常用保健食品中可能的非法添加物质分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(6): 1438-1444.
HE WL, GONG FQ, LIU B, *et al.* Analysis of possible illegal substances in common health foods [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(6): 1438-1444.
- [8] 王爱华,任昕昕,琚妍妍,等. 减肥食品中非法添加化学药物现状及检测技术研究进展[J]. 刑事技术, 2019, 44(6): 530-534.
WANG AIH, REN XX, JU YY, *et al.* Illegal additives in diet products: Status and identification evolution [J]. Forensic Sci Technol, 2019, 44(6): 530-534.
- [9] 白雪,李锋武,李卓,等. 降糖类中成药和保健食品中非法添加化学药物检测技术的研究进展[J]. 华西药杂志, 2020, 35(3): 338-341.
BAI X, LI FB, LI Z, *et al.* Research advances on the detection technology of illegally adulterated chemical substances in antidiabetic proprietary

- Chinese medicines and health food [J]. West China J Pharm Sci, 2020, 35(3): 338–341.
- [10] 陈林, 温家欣, 齐春艳, 等. 降压类中成药及保健食品中 21 种非法添加化学药物的快速检测与确证方法研究[J]. 分析测试学报, 2016, 35(8): 937–942.
- CHEN L, WEN JX, QI CY, *et al.* Rapid detection and conformation of 21 illegal chemical drugs in antihypertension traditional Chinese medicine and healthy food [J]. J Instrum Anal, 2016, 35(8): 937–942.
- [11] 赵琪, 吴光颖, 张静怡, 等. UPLC-DAD 同时测定降血压类保健食品中 20 种非法添加化学药物[J]. 粮食与油脂, 2024, 37(7): 138–141, 158.
- ZHAO Q, WU GY, ZHANG JY, *et al.* Simultaneous determination of 20 kinds of illegally added chemical drugs in blood pressure lowering health foods by UPLC-DAD [J]. Cere Oils, 2024, 37(7): 138–141, 158.
- [12] 罗阳. 降血脂类中成药和保健食品中非法添加化学药物检测技术的研究进展[J]. 广东化工, 2021, 48(19): 114–116.
- LUO Y. Research progress on analytical technologies of illegal adulterated chemical drugs in lipid-lowering Chinese patent medicines and health foods [J]. Guangdong Chem Ind, 2021, 48(19): 114–116.
- [13] 钮正睿, 王聪, 丁宏, 等. 超高效液相色谱-四极杆/飞行时间高分辨质谱测定保健食品及其原料中洛伐他汀及类似物的含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(7): 2563–2570.
- NIU ZR, WANG C, DING H, *et al.* Simultaneous determination of lovastatin and its analogues in health food and raw materials by ultra performance liquid chromatography tandem quadrupole/time-of-flight high resolution mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(7): 2563–2570.
- [14] 徐文峰, 徐硕, 金鹏飞, 等. 减肥类保健食品中非法添加化学药物检测技术和方法的研究进展[J]. 中国药房, 2017, 28(9): 1292–1296.
- XU WF, XU S, JIN PF, *et al.* Research progress on detection techniques and methods of illegal addition of chemical drugs to diet health food [J]. China Pharm, 2017, 28(9): 1292–1296.
- [15] 胡紫艳, 金鑫, 史达, 等. 浅析减肥类保健食品中非法添加化学药物现状 & 检测策略[J]. 中国食品药品监管, 2022(8): 96–101.
- HU ZY, JIN X, SHI D, *et al.* Brief analysis on current situation on illegal additions of chemical drugs in health foods for weight loss and their detection strategies [J]. China Food Drug Admin Mag, 2022(8): 96–101.
- [16] 王泽宇, 孙晓宇, 周志刚, 等. 中成药和保健品中非法添加化学药物检测技术研究进展 [J/OL]. 刑事技术, 1-10. [2024-11-21]. <https://doi.org/10.16467/j.1008-3650.2024.0067>.
- WANG ZY, SUN XY, ZHOU ZG, *et al.* Research progress on detection technology of illegal addition in Chinese patent medicines and health care products [J/OL]. Forensic Sci Technol, 1-10. [2024-11-21]. <https://doi.org/10.16467/j.1008-3650.2024.0067>.
- [17] 孙丽, 谭艳红. 保健食品非法添加物检测技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2014, 35(12): 398–400.
- SUN L, TAN YH. Research progress in the detection technology of health food [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35(12): 398–400.
- [18] 钮正睿, 王聪, 曹进. 保健食品中非法添加药物种类及其检测方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(18): 6131–6142.
- NIU ZR, WANG C, CAO J. Research advances on types of illegally added drugs and their detection methods in health foods [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(18): 6131–6142.
- [19] 田甜, 覃艳淑, 赵德恩, 等. 食品和保健食品中非法添加药物的筛查探究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(3): 1200–1208.
- TIAN T, QIN YS, ZHAO DE, *et al.* Research of screening of illegal added drugs in food and health food [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(3): 1200–1208.
- [20] 王小乔, 许晓辉, 杨志敏, 等. 液质联用高通量技术监测保健食品中非法添加的化学药物[J]. 食品安全导刊, 2020(6): 185–187.
- WANG X, XU XH, YANG ZM, *et al.* Detection of illegally added chemical drugs in health food by liquid mass spectrometry with high throughput technology [J]. Chin Food Saf Magaz, 2020(6): 185–187.
- [21] 项昭保, 伍晓玲, 汪程远, 等. 色谱及其联用技术在保健食品非法添加药物检测中的应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(19): 338–344.
- XIANG ZB, WU XL, WANG CY, *et al.* Research progress in the application of chromatography and its hyphenated techniques in the detection of illegally added drugs in health foods [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(19): 338–344.
- [22] 庞小莲, 黎强. 保健食品中非法添加药物检测技术研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(8): 2469–2474.
- PANG XL, LI Q. Research progress on detection technology of illegally added drugs in health food [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(8): 2469–2474.
- [23] 薛琼, 刘文娟. 高效液相色谱法检测降糖保健品中的非法添加化学药物[J]. 山西卫生健康职业学院学报, 2023, 33(6): 1–2.
- XUE Q, LIU WJ. Determination of illegal chemical additives in hypoglycemic health products by high performance liquid chromatography [J]. J Shanxi Health Vocat Coll, 2023, 33(6): 1–2.
- [24] IMANULKHAN, SETYANINGSIH W, ROHMAN A, *et al.* Development and validation of HPLC-DAD method for simultaneous determination of seven food additives and caffeine in powdered drinks [J]. Foods, 2020, 9(8): 1119.
- [25] 徐硕, 金鹏飞, 徐文峰, 等. HPLC-DAD 法检测补肾壮阳和改善前列腺功能保健品中非法添加的 17 种化学药物[J]. 中国药师, 2022, 25(6): 1108–1114.
- XU S, JIN PF, XU WF, *et al.* Determination of seventeen chemical drugs illegally adulterated in health foods for invigorating kidneyyang and improving prostatic function by HPLC-DAD [J]. China Pharm, 2022, 25(6): 1108–1114.
- [26] 徐硕, 徐文峰, 邝咏梅, 等. 高效液相色谱-二极管阵列检测器技术在助眠保健品非法添加化学药物检测中的应用[J]. 药物不良反应杂志, 2024, 26(2): 93–100.
- XU S, XU WF, KUANG YM, *et al.* Application of high performance liquid chromatography with diode array detector technology in the detection of illegally added chemical drugs in sleep aid dietary supplements [J]. Adv Drug React J, 2024, 26(2): 93–100.
- [27] 宁炜. 高效液相色谱法测定保健食品中非法添加红地那非等化学药物[J]. 农产品加工, 2022(22): 56–58.
- NING W. Determination of 11 illegal additives in health food by HPLC [J]. Farm Prod Process, 2022(22): 56–58.
- [28] 金鑫, 朱志英. HPLC 法快速测定保健食品中化学药物添加的研究[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(21): 201–208.
- JIN X, ZHU ZY. Rapid determination of chemical drugs addition in health food by HPLC [J]. Food Res Dev, 2019, 40(21): 201–208.
- [29] 李莹, 羊银. 保健食品中常见非法添加化学药物检测技术的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(4): 112–116.
- LI Y, YANG Y. Research progress of detection technology for common

- illegal addition of chemical drugs in health food [J]. *China Food Add*, 2021, 32(4): 112–116.
- [30] 周亚兰, 席彰, 康靖. 高效液相色谱-串联质谱法检测中成药/保健食品中非法添加的 49 种化学药物[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(9): 2907–2915.
- ZHOU YL, XI Z, KANG J. Determination of 49 kinds of illegally added chemical drugs in Chinese patent medicines and health foods by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(9): 2907–2915.
- [31] 陶志成, 吴淑瑶, 蒋涛, 等. 基于 HPLC-MS/MS 法测定保健食品中 39 种降压类非法添加药物成分的方法研究[J]. *食品安全导刊*, 2023(20): 103–109.
- TAO ZC, WU SY, JIANG T, *et al.* Determination of 39 antihypertensive drugs illegally added in health food by HPLC-MS/MS method [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2023(20): 103–109.
- [32] 李亚庆, 陈深树, 钟超群, 等. 保健食品中 42 种非法添加物的 HPLC-MS/MS 法快速筛选和测定[J]. *武汉工程大学学报*, 2021, 43(6): 603–609.
- LI YQ, CHEN SS, ZHONG CQ, *et al.* Rapid screening and determination of 42 kinds of illegally added substances in health care products by HPLC-MS/MS [J]. *J Wuhan Inst Technol*, 2021, 43(6): 603–609.
- [33] 覃娟, 谢柏艳, 杨玉平, 等. 液质联用法检测降血糖类保健食品中非法添加的 13 种化学药物[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(19): 192–197.
- QIN J, XIE BY, YANG YP, *et al.* Simultaneous determination of 13 kinds of illegal drugs in antidiabetic supplements by HPLC-MS/MS [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(19): 192–197.
- [34] 火婷, 胡玥, 高旭东, 等. 保健食品中非法添加物检测的前处理及分析方法研究进展[J]. *分析测试技术与仪器*, 2020, 26(1): 49–55.
- HUO T, HU Y, GAO XD, *et al.* Advances in sample pretreatment and analytical methods for detection of illegal additives in health care foods [J]. *Anal Test Technol Inst*, 2020, 26(1): 49–55.
- [35] 邵瑞婷, 丁学妍, 姜洁. 超高效液相色谱-串联质谱法测定调节三高类保健食品中 59 种非法添加药物[J]. *食品科学*, 2024, 45(9): 232–242.
- SHAO RT, DING XY, JIANG J. Determination of 59 illegally added drugs in health foods with hypoglycemic, hypolipidemic and antihypertensive activity by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2024, 45(9): 232–242.
- [36] 刘子雄, 黄景辉, 谭贵良, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定保健食品中 78 种非法添加化学药物[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(12): 283–292.
- LIU ZX, HUANG JH, TAN GL, *et al.* Determination of 78 chemical drugs illegally added in health food by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2020, 36(12): 283–292.
- [37] 马俊美, 王敬, 孙文毅, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定保健食品中 90 种那非类药物[J]. *食品科学*, 2020, 41(14): 307–313.
- MA JM, WANG J, SUN WY, *et al.* Determination of 90 nafilis in health foods by ultra-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2020, 41(14): 307–313.
- [38] 刘云, 杨玉忠. 超高效液相色谱-串联质谱法定性定量检测中成药及保健食品中非法添加的 17 种化学药物[J]. *安徽医药*, 2020, 24(1): 82–86.
- LIU Y, YANG YZ. Qualitative and quantitative determination of 17 added into Chinese patent medicine and health food by UPLC-MS/MS [J]. *Anhui Med Pharm J*, 2020, 24(1): 82–86.
- [39] 赵雯婧, 赵红旗, 刘智勇. 超高效液相色谱-四级杆/静电轨道阱高分辨质谱法快速定性和定量筛查抗风湿类中成药和保健食品中 16 种非法添加化学药物[J]. *河南预防医学杂志*, 2021, 32(6): 454–459.
- ZHAO WJ, ZHAO HQ, LIU ZY. Rapid screening and quantitative analysis of 16 illegally added drugs in anti-rheumatic Chinese patent drugs or dietary supplements by ultra high performance liquid chromatography – quadrupole/orbitrap mass [J]. *Mod Dis Control Prev*, 2021, 32(6): 454–459.
- [40] 刘斌, 包懿, 郎乐, 等. 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法快速筛查及定量分析保健品中 29 种非法添加物[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(6): 1511–1518.
- LIU B, BAO Y, LANG L, *et al.* Rapid screening and quantitative analysis of 29 kinds of illegally added compounds in diet health foods by ultra performance liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(6): 1511–1518.
- [41] 方俊兰, 张丹阳, 伊岳星, 等. 基于超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱筛查茶叶中 166 种农药残留方法研究[J]. *分析测试学报*, 2023, 42(12): 1537–1546.
- FANG JL, ZHANG DY, YI YX, *et al.* Screening of 166 pesticide residues in tea based on ultra performance liquid chromatography – quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. *J Instrum Anal*, 2023, 42(12): 1537–1546.
- [42] 杜彦山, 李强, 吴春敏, 等. 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱快速筛查及定量分析保健品中 11 种非法添加降糖药物[J]. *色谱*, 2015, 33(4): 371–376.
- DU YS, LI Q, WU CM, *et al.* Rapid screening and quantitative detection of 11 illegally added antidiabetics in health care products by ultra performance liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. *Chin J Chromatogr*, 2015, 33(4): 371–376.
- [43] 申一鸣, 冯峰, 金敏, 等. 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法快速筛查保健品中 136 种非法添加降压药物[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(24): 7964–7971.
- SHEN YM, FENG F, JIN M, *et al.* Rapid screening of 136 kinds of illegally added antihypertensive drugs in health food by ultra performance liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(24): 7964–7971.
- [44] 黄芳, 邓欣, 张秋炎, 等. 超高效液相色谱-四极杆静电场轨道阱质谱法快速筛查测定抗疲劳类保健食品中 112 种化学药[J]. *分析测试学报*, 2023, 42(10): 1221–1232.
- HUANG F, DENG X, ZHANG QY, *et al.* Rapid screening of 112 kinds of illegally added chemical compounds in anti-fatigue health food by ultra-high performance liquid chromatography quadrupole electrostatic field orbital trap mass spectrometry [J]. *J Instrum Anal*, 2023, 42(10): 1221–1232.
- [45] 韩智, 龚蕾, 王会霞, 等. 轨道离子阱快速筛查及定量分析保健食品中 73 种非法添加成分[J]. *食品与机械*, 2019, 35(7): 74–79, 116.
- HAN Z, GONG L, WANG HX, *et al.* Rapiidscreening and quantitative analysis of 73 kinds of chemicals illegally added in the healthy foods by Orbitrap mass spectrometry [J]. *Food Mach*, 2019, 35(7): 74–79, 116.
- [46] 田甜, 赵德恩, 文金华, 等. 保健食品中非法添加药物的检测筛查研究

- 现状及展望[J]. 食品安全导刊, 2019(27): 150–151, 160.
- TIAN T, ZHAO DEN, WEN JH, *et al.* Research status and prospect of detection and screening of illegal added drugs in health food [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2019(27): 150–151, 160.
- [47] 李颖, 孙兆敏, 刘萌, 等. 近红外光谱分析技术检测食品中非法添加物的研究进展[J]. 福建轻纺, 2023(8): 12–17, 22.
- LI Y, SUN ZM, LIU M, *et al.* Research progress of near infrared spectroscopy for detection of illegal additives in food [J]. *Light Text Ind Fujian*, 2023(8): 12–17, 22.
- [48] 周颖, 李冬云. 近红外光谱技术在保健食品和中成药非法添加化学药物筛查方面的优点及应用发展[J]. 广州化工, 2023, 51(5): 135–138.
- ZHOU Y, LI DY. Advantages and application development of near infrared spectroscopy in screening of illegal chemical additives in health food and Chinese patent medicine [J]. *Guangzhou Chem Ind*, 2023, 51(5): 135–138.
- [49] 王冰洁, 周刚, 张彦斌, 等. 近红外法快速检测保健食品中非法添加酚酞[J]. 食品安全导刊, 2022(6): 46–49.
- WANG BJ, ZHOU G, ZHANG YB, *et al.* Near infrared method for detection of illegal addition of phenolphthalein in weight loss product [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2022(6): 46–49.
- [50] 刘佳明, 陈立波, 吕维维, 等. 近红外光谱快速鉴别清咽类制剂中 3 种非法添加化学药物的方法[J]. 食品与药品, 2023, 25(1): 51–57.
- LIU JM, CHEN LB, LV WW, *et al.* Rapid identification of 3 illegal added chemical drugs in qingyan preparations by near infrared spectrum [J]. *Food Drug*, 2023, 25(1): 51–57.
- [51] 王留留, 孙方涛. 表面增强拉曼光谱技术在食品安全检测领域中的应用[J]. 食品与机械, 2024, 40(1): 212–218.
- WANG LL, SUN FT. Application of surface enhanced Raman spectroscopy in food safety detection [J]. *Food Mach*, 2024, 40(1): 212–218.
- [52] 王一玮, 史国华, 张兰天, 等. SERS 在保健食品非法添加物快速检测中的应用[J]. 食品工业, 2021, 42(10): 218–222.
- WANG YW, SHI GH, ZHANG LT, *et al.* Application of surface enhanced Raman spectroscopy in rapid detection of health food illegal additives [J]. *Food Ind*, 2021, 42(10): 218–222.
- [53] 皮江一, 周陶鸿, 林津, 等. 表面增强拉曼光谱法测定保健食品中非法添加物硝苯地平[J]. 食品工业, 2024, 45(1): 264–268.
- PI JY, ZHOU TH, LIN J, *et al.* Determination of nifedipine in healthcare foodstuffs by surface enhanced Raman spectroscopy [J]. *Food Ind*, 2024, 45(1): 264–268.
- [54] 吴国萍, 姚一佳, 马睿悦, 等. 表面增强拉曼光谱法鉴别减肥食品中 6 种违禁药品[J]. 理化检验-化学分册, 2022, 58(12): 1407–1414.
- WU GP, YAO YJ, MA RY, *et al.* Identification of 6 prohibiting illegally added drugs in diet food by surface enhanced Raman spectroscopy [J]. *Phys Chem Ins Chem Div*, 2022, 58(12): 1407–1414.
- [55] 王晓峰, 卢文斌, 许琨琨, 等. SERS 结合手持式拉曼光谱仪快速检测保健食品中西布曲明的研究[J]. 食品安全导刊, 2023(23): 130–133, 137.
- WANG XF, LU WB, XU KK, *et al.* Research on rapid detection of sibutramine in health foods using SERS combined with handheld Raman spectrometer [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2023(23): 130–133, 137.
- [56] 吴芳海, 许琨琨, 卢文斌, 等. 表面增强拉曼光谱在保健食品常见非法添加药物成分测定中的应用[J]. 食品安全导刊, 2023(33): 158–160.
- WU FH, XU KK, LU WB, *et al.* Application of surface-enhanced Raman spectroscopy in detection of common illegal drug components in health food [J]. *Chin Food Saf Magaz*, 2023(33): 158–160.

(责任编辑: 蔡世佳 韩晓红)

作者简介



李方方, 硕士研究生, 工程师, 主要研究方向为食品安全监测。
E-mail: lifangfang9836@163.com



潘红蕊, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: lizzy0430@sina.com