

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^Δ

徐文峰*,徐 硕,金鹏飞#,吴学军,姜文清(北京医院/国家老年医学中心,北京 100730)

中图分类号 R927 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2017)09-1292-05

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2017.09.39

摘要 目的:为减肥类保健食品中非法添加化学药物的检测提供参考。方法:查阅国内外相关文献,对近年来减肥类保健食品中非法添加化学药物的概况以及检测技术和方法研究情况进行归纳和总结。结果与结论:减肥类保健食品中非法添加的化学药物有食欲抑制剂类、胃肠道脂肪酶抑制剂类、利尿药类、能量消耗剂类、泻药类、降糖药类等。涉及的检测技术和方法包括理化鉴别法、红外光谱法、拉曼光谱法、核磁共振氢谱法、薄层色谱法、质谱法、液相色谱法、液相色谱-质谱联用法、气相色谱-质谱联用法和离子迁移谱法等。保健食品中非法添加化学药物检测水平的提高以及相应检测标准和指南的建立和完善,有利于更好地打击相关非法行为,保障消费者的合法权益和身体健康。

关键词 减肥类保健食品;非法添加;化学药物;检测技术和方法

保健食品是指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,其适宜于特定人群食用,可调节机体功能,不以治疗疾病为目的,并且对人体不产生任何急性、亚急性或者慢性危害。常见的保健食品有增强机体免疫力,辅助降低人体血脂、血糖、血压,抗氧化,辅助改善记忆,改善睡眠,缓解疲劳等不同的功效。

如今,随着人们生活水平的提高,肥胖问题越来越突出。肥胖严重影响人体健康,但是出于对化学药物减肥会带来严重副作用的担心,大多数人往往会选择服用减肥类保健食品以达到减肥的目的,各种减肥类保健食品随之应运而生^[1]。而减肥类保健食品的减肥效果通常需要较长时间才能体现出来,于是受利益驱动,一些不法厂商利用消费者急于减肥的心理和保健食品无毒副作用的宣传,在减肥类保健食品中非法添加化学药物的情形愈演愈烈,这违反了《中华人民共和国食品安全法》

第五十条的规定,并且,消费者在不知情的情况下连续服用这类产品会严重损害身体健康,甚至危及生命^[2]。因此,本文中,笔者通过查阅国内外相关文献,就减肥类保健食品中非法添加化学药物的检测技术和方法进行了归纳和总结,旨在为相关部门监管和打击该类保健食品中非法添加化学药物的行为、维护消费者的合法权益和身体健康提供参考。

1 减肥类保健食品非法添加化学药物概况

根据文献^[3-5],目前减肥类保健食品中非法添加化学药物具有如下特点:(1)添加化学药物成分来源多样,包括①处方药、②治疗药物的结构修饰物、③尚未获得批准的新型药物或其先导化合物、④已撤市药物、⑤学术期刊发表的前期合成药物研究成果;(2)非法添加化学药物的剂量随意,不同批次产品之间所添加药物的含量相差巨大,或者为躲避检查,有的批次存在非法添加药

- [41] 秦建平,李家春,吴建雄,等. 基于HPLC指纹图谱的浙贝母质量评价[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(19): 34-36.
- [42] 杜伟锋,张焱新,张浩,等. 基于近红外光谱的浙贝母鲜切和硫熏加工饮片的快速鉴别[J]. 中药材, 2014, 37(12): 2189-2191.
- [43] 吴浩,彭昕,张煜炯,等. 蛋白质电泳指纹图谱在各产地贝母亲缘关系研究中的应用[J]. 中成药, 2015, 37(8): 1757-1761.
- [44] 周建良,刘伟,郭增喜,等. 基于快速液相色谱-四级杆飞行时间串联质谱的浙贝母特征图谱研究[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(17): 2832-2837.

- [45] 蔡夏燕,张焱新,杜伟锋,等. ICP-OES法测定浙贝母鲜切饮片中重金属及微量元素的含量[J]. 中华中医药学刊, 2014, 32(10): 2357-2359.
- [46] 蔡伟,熊耀康,盛振华,等. ICP-OES测定不同产地浙贝母中的18种微量元素含量[J]. 中国现代应用药学, 2013, 30(3): 277-280.
- [47] 陈鹏,李硕,邱佳,等. 玄参药材质量控制研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(18): 220-225.
- [48] 魏胜利,王文全,王继永,等. 我国不同产区野生与栽培甘草的甘草酸含量及其影响因子的初步研究[J]. 中国中药杂志, 2012, 37(10): 1341-1345.
- [49] 赵子青. 大枣中功效成分的分析与提取[D]. 太原: 山西大学, 2013.

Δ 基金项目:北京医院博士启动课题(No.BJ-2015-091)
* 主管药师,博士。研究方向:药物分析。E-mail: xuwenfenghill@126.com
通信作者:副主任药师,博士。研究方向:药物分析、医院药理学。E-mail: j790101@163.com

(收稿日期:2016-04-03 修回日期:2017-02-14)
(编辑:周 箐)

物,而有的批次则不存在非法添加药物;(3)厂家往往在取得保健食品批准文号后,再在上市产品中非法添加化学药物;(4)非法添加的化学药物可能与保健食品所含化学成分存在相互作用,或者可能与消费者正在使用的药物之间存在相互作用;(5)减少添加化学药物的剂量,增加添加化学药物的种类;(6)利用制剂的特点,将化学药物添加到胶囊壳中以逃避检查。

目前,已经从减肥类保健食品中筛查出的或已经建立筛查方法的潜在添加药物种类有:(1)食欲抑制剂类,包括安非他明、甲基安非他明、安非他酮、安非拉酮、西布曲明、*N*-去甲基西布曲明、*N,N*-双去甲基西布曲明、苯丙胺、甲基苯丙胺、苯丁胺、甲苯叔丁胺、苯丙醇胺、对羟基苯丙醇胺、芬特明、芬咖明、芬氟拉明、舍曲林、苯巴比妥、苯妥英钠、西酞普兰、托吡酯、氟西汀、帕罗西汀、氯卡色林、氯胺酮、氟苯胺、苯甲吗啉、苯二甲吗啉、苯氟雷司、莫达非尼、马兜铃等;(2)胃肠道脂肪酶抑制剂类,包括奥利司他、西替利司他、利莫那班等;(3)利尿药类,包括螺内酯、苄氟噻嗪、氢氟噻嗪、甲氯噻嗪、氯噻嗪、氯噻酮、布美他尼、三氨蝶啶、氨苯蝶啶、美托拉宗、乙酰唑胺、吲达帕胺、托拉塞米、呋塞米等;(4)能量消耗剂类,包括咖啡因、茶碱、麻黄碱、伪麻黄碱、去甲麻黄碱、去甲伪麻黄碱、碘塞罗宁、左旋甲状腺素、托氧肾上腺素等;(5)泻药类,包括酚酞、比沙可啶、大黄素、番泻苷A、番泻苷B等;(6)降糖药类,包括二甲双胍、苯乙双胍、阿卡波糖等;(7)其他类,包括唑尼沙胺、克伦特罗、辛弗林、苯丙酸诺龙等。

2 减肥类保健食品非法添加化学药物筛查检测技术和方法

保健食品本身化学成分极为复杂,再加上非法添加的化学药物种类繁多,结构、理化性质各异,为了快速有效地检测减肥类保健食品中非法添加的化学药物,国内外科研工作者进行了大量的研究,已报道的检测技术和方法主要包括理化鉴别法、红外光谱法(IR)、拉曼光谱法(RS)、核磁共振氢谱法($^1\text{H-NMR}$)、薄层色谱法(TLC)、质谱法(MS)、液相色谱法(LC)、液相色谱-质谱联用法(LC-MS)、气相色谱-质谱联用法(GC-MS)、离子迁移谱法(IMS)等。现将近两年来各类检测技术和方法的应用实例综述如下。

2.1 理化鉴别法

一般情况下,保健食品基质干扰严重,由于理化鉴别技术灵敏度较低,仅适合于常量或微量分析,不适合痕量分析,故常用于保健食品中非法添加化学药物的初筛工作。常见理化鉴别技术有颜色反应、沉淀反应等^[5]。

黄诺嘉等^[6]建立了检测减肥类中成药、保健食品和食品中非法添加酚酞、西布曲明的理化鉴别技术。酚酞的筛查方法为:取样品适量,置于具塞试管中,加入乙醇2 mL,振摇1 min,滤过,得供试液。取供试液2~5滴,滴入2 mL 2%氢氧化钠溶液,摇匀,若溶液颜色立即显

玫瑰红色,表明其中可能含有酚酞。西布曲明的筛查方法为:取样品适量,置于具塞试管中,加入乙酸乙酯2 mL,振摇约1 min,静置1 min,滤过,得供试液。向供试液中加0.3 mol/L硫酸溶液1 mL,振摇约1 min,静置分层。沿管壁加入重铬酸钾试液4~5滴,若下层液生成黄色沉淀,表明其中可能含有西布曲明。

2.2 IR法

IR技术具有操作简便、分析速度快、无需化学试剂以及易于现场分析等特点,在药物分析中应用广泛,主要分为IR法、近红外光谱法(NIR)以及显微红外光谱法(MicroIR)。

黄艳萍等^[7]将NIR法结合小波变换-人工神经网络算法,用于减肥类保健食品中西布曲明的无损测定。西布曲明平均回收率为93.4%,RSD为2.0%。*t*检验结果显示,本法所得结果与高效液相色谱法(HPLC)无显著差异($P<0.05$),可用于基层单位对减肥类保健食品中西布曲明的监督检查。

许凤等^[8]建立了减肥类保健食品中非法添加盐酸芬氟拉明的TLC-MicroIR法联用的定性检测方法。供试品用甲醇超声提取,以硅胶薄层板为固定相,氯仿-甲醇-氨水(11:1:0.12, *V/V/V*)为展开剂,在254 nm紫外波长下检视,用TLC法快速初筛后,再联用MicroIR法对其进行定性检测。该方法检测限为2.5 μg 。作者应用该方法从9批次样品中检出2批次含有盐酸芬氟拉明。

2.3 RS法

RS法与IR法具有相同的优点,但这类光谱技术专属性欠佳,往往只适合于已经开展过方法学研究的特定基质样品中添加的特定成分。

甘勇强等^[9]建立了以RS法快速检测减肥类保健食品中非法添加的酚酞的方法。作者建立了酚酞-甲醇溶液的标准曲线,并且对添加不同浓度酚酞的减肥类保健食品进行检测,所得结果与酚酞实际添加量一致,检测限可达到1%。

2.4 $^1\text{H-NMR}$ 法

$^1\text{H-NMR}$ 法的谱峰与样品中化合物的氢原子是一一对应的,所测样品中的每一个氢原子在图谱中都有与其相关的谱峰,但该方法灵敏度相对较低,动态范围有限,图谱中不同化合物信号可能出现重叠的效果,造成假阳性检测结果。

Hachem R等^[10]根据西布曲明、酚酞、奥利司他、氯卡色林和氟西汀化学结构中氢原子在 $^1\text{H-NMR}$ 中的特征信号峰,建立了筛查上述化合物的 $^1\text{H-NMR}$ 法,并用该方法对164个样品进行筛查,发现43个样品含有西布曲明,9个样品含有酚酞,4个样品含有氟西汀,1个样品含有奥利司他。

2.5 TLC法

TLC/薄层色谱扫描法(TLCS)操作简单,无需复杂的仪器和设备,尤其对于基层药品检验机构,可作为初

筛中药及保健食品中非法添加某些化学药物的有效手段。但该方法灵敏度差,多个成分之间经常会有干扰,易导致假阳性的结果,一般需要采用专属性更高的方法予以进一步确认。

许凤等^[11]采用 TLCS 法对减肥类保健食品中添加的酚酞进行定性和定量分析,并用 HPLC-MS 对检出物质进行确证。该方法中酚酞标准曲线线性范围为 4.00~20.0 μg ($r=0.996$),平均回收率为 100.2% ($n=6$)。作者用该方法分别对减肥类保健食品共计 16 个品种 20 个批次样品进行了酚酞的检测,其中 11 个批次检出了酚酞,含量在 1.37%~16.51%。

2.6 MS 法

MS 仪能提供大量化合物的信息,比如分子量、元素组成及官能团结构等,往往与 GC、LC 等分离手段联用,但也可以单独使用。

Song FH 等^[12]建立了减肥类保健食品(膳食补充剂)中西布曲明、*N*-去甲基西布曲明、*N,N*-双去甲基西布曲明、酚酞的流动注射-串联质谱联用(FI-MS/MS)检测方法。该检测方法对上述 4 个化合物的线性范围考察相关系数分别为 0.999 1、0.999 3、0.999 7、0.999 3,其检测限分别为 0.3、0.3、0.6、0.6 ng/mL,其定量限分别为 1、1、2、2 ng/mL。作者应用该方法对 17 个样品进行检测,11 个样品检出西布曲明,9 个样品检出酚酞。

2.7 LC 法

LC 法(以 HPLC 法为主)是检测中药及保健食品中非法添加化学药物使用最为广泛的技术,该方法分离度高、专属性较强、分析速度快,通过比较样品色谱峰与对照品色谱峰的保留时间及紫外光谱图,可以基本确证样品是否含有与对照品一致的化学成分。但对有些异构体化合物来说采用该方法鉴别仍较困难。

Viana C 等^[13]建立了应用 HPLC 法同时检测减肥类保健食品中咖啡因、脱氧肾上腺素、酪氨酸、麻黄碱、大麦芽碱和对羟基苯丙醇胺的方法。该方法对上述化合物的检测限为 0.02~0.20 mg/L,定量限为 0.07~1.17 mg/L,线性相关系数均大于 0.99。作者利用该方法对 46 个样品进行了筛查,发现超过一半的样品中含有咖啡因,3 个样品中含有脱氧肾上腺素,1 个样品中含有麻黄碱。

王静文等^[14]建立了采用超高效液相色谱法(UPLC)同时测定减肥类保健食品中安非他酮、苯佐卡因、螺内酯、大黄素、苯乙双胍等 25 种非法添加化学药物含量的方法。在相应的浓度范围内,25 种化学药物的质量浓度与峰面积呈良好的线性关系, $r \geq 0.977$; 定量限在 0.5~5.00 ng 之间;在低、中、高 3 个添加水平范围内的平均回收率为 70.7%~104%,RSD 为 0.132%~5.03%。样品筛查结果显示,17 种减肥保健食品中 3 种样品添加了酚酞,1 种样品添加了大黄素。

2.8 LC-MS 法

LC-MS 法以 LC 作为分离系统,MS 作为检测系统,兼具 LC 高效的分离能力与 MS 高专属性、高灵敏度的特性,检测时可以同时得到化合物的保留时间、分子量、离子碎片等信息,从而对其结构进行确证。但由于相关仪器价格昂贵,操作相对复杂,不易在基层检验机构推广。

Strano S 等^[15]报道了减肥类保健食品中能量消耗剂(咖啡因、麻黄碱、伪麻黄碱、去甲麻黄碱、去甲伪麻黄碱)和食欲抑制剂(西布曲明、氟苯丙胺、苯二甲吗啉、苯甲吗啉、苯丁胺、甲苯叔丁胺、苯氟雷司、甲基苯丙胺、芬咖明)的 LC-高分辨 MS 联用(LC-HRMS)检测方法。该方法对上述化合物的检测限为 1~25 ng/g,定量限均为 50 ng/g;在 50~2 000 ng/g 的检测范围内,线性相关系数均大于 0.99。作者应用该方法从 36 个样品中检测出 4 个添加麻黄碱或伪麻黄碱的样品,8 个添加咖啡因的样品。

朱健等^[16]建立了减肥类保健食品中非法添加苯丙醇胺、氢氯噻嗪、芬氟拉明、吲达帕胺、布美他尼等 13 种减肥类化学药物成分的 UPLC-MS/MS 检测方法。该方法对这 13 种化学成分的检测限为 0.02~0.4 ng,定量限为 0.06~5.1 ng;线性相关性良好,稳定性、重复性、回收率均符合要求。作者应用该方法对 65 批次样品进行检测,发现 14 批次样品中含有西布曲明,12 批次样品中含有酚酞。

2.9 GC-MS 法

GC-MS 法兼具 GC 的分离能力和 MS 的高专属性。特别是在没有对照品的情况下,与标准的 MS 图库进行比较,一般可确认该化合物。

朱志鑫等^[17]采用 GC-MS 分析技术,选择离子检测法(SIM),建立了减肥类保健食品中芬氟拉明和西布曲明的测定方法。作者选择 m/z 72、114、159 用于 SIM 检测,并根据提取离子色谱图的峰面积比进行目标物确证,实现色谱保留时间、质谱特征离子的同时定性,消除了减肥食品中复杂基体的干扰,避免了假阳性结果的出现。芬氟拉明和西布曲明在 0.1~50 mg/L 浓度范围内与峰面积之间线性关系良好,在低、中、高 3 个添加水平范围内的平均回收率为 93.8%~97.6%,检测限可以达到 1.0 mg/kg。

2.10 IMS 法

IMS 法是以离子漂移时间的差别来进行离子分离定性的一种技术,与传统的质谱、色谱法比较具有分析速度快、灵敏度高、无溶剂和气体消耗等优点。

何欢等^[18]建立了以 IMS 技术测定减肥类保健食品中可能非法添加的麻黄碱、咖啡因、氢溴酸西酞普兰、大黄素、托吡酯等 39 种药物的方法。通过与 LC-MS 法测定结果的比较,得出该筛查方法的假阳性率小于 10%,假阴性率小于 5%,表明 IMS 可以用于减肥类保健食品中非法添加化学药物的筛查,为其监督管理提供了一种快速、可靠的技术手段。

减肥类保健食品中非法添加化学药物检测技术和方法总结见表1。

表1 减肥类保健食品中非法添加化学药物检测技术和方法总结

文献来源	可筛查添加药物	检测技术和方法
黄诺嘉等 ^[6]	酚酞、西布曲明	理化鉴别法
黄艳萍等 ^[7]	西布曲明	NIR法
许凤等 ^[8]	芬氟拉明	TLC-MicroIR法
甘勇强等 ^[9]	酚酞	RS法
Mao H等 ^[19]	西布曲明、N-去甲基西布曲明、N,N-双去甲基西布曲明	表面增强RS法(SERS)
Hachem R等 ^[10]	西布曲明、酚酞、奥利司他、氯卡色林、氟西汀	¹ H-NMR法
Hachem R等 ^[20]	氯卡色林	¹ H-NMR法
许凤等 ^[11]	酚酞	TLC法
Mathon C等 ^[21]	西布曲明	高效TLCs法(HP-TLCs)
万林春等 ^[22]	西布曲明、芬氟拉明、酚酞、麻黄碱、氢氯噻嗪	TLC法
Song FH等 ^[12]	西布曲明、N-去甲基西布曲明、N,N-双去甲基西布曲明、酚酞	FI-MS/MS法
Viana C等 ^[13]	咖啡因、脱氧肾上腺素、酪氨酸、麻黄碱、大麦芽碱、对羟基苯丙醇胺	HPLC法
Reeuwijk NM等 ^[23]	西布曲明、N-去甲基西布曲明、N,N-双去甲基西布曲明、利莫那班、酚酞	HPLC法
王静文等 ^[14]	茶碱、乙酰唑胺、咖啡因、氢氯噻嗪、苯乙双胍、氨茶碱、三氮唑啉、唑尼沙胺、克伦特罗、氯噻酮、托拉塞米、苯佐卡因、吠塞米、美托拉宗、氢溴酸西酞普兰、吲达帕胺、酚酞、苜蓿碱、依他尼酸、布美他尼、螺内酯、大黄素、利莫那班、苯丙酸诺龙	UPLC法
林芳等 ^[24]	麻黄碱、咖啡因、吠塞米、芬氟拉明、酚酞、西布曲明、N-去甲基西布曲明、N,N-双去甲基西布曲明	UPLC法
Strano S等 ^[15]	咖啡因、氟苯丙胺、苯二甲吗啉、苯甲吗啉、苯丙胺、甲叔丁胺、麻黄碱、去甲麻黄碱、伪麻黄碱、去甲伪麻黄碱、西布曲明、苯氟雷司、甲基苯丙胺、芬咖明	LC-HRMS法
白雪等 ^[25]	麻黄碱、咖啡因、芬氟拉明、吠塞米、酚酞、西布曲明	HPLC-MS/MS法
马微等 ^[26]	芬氟拉明、苯丙醇胺、西布曲明、舍曲林、利莫那班、安非他酮、氢溴酸西酞普兰、氟西汀、苯氟雷司、托吡酯、唑尼沙胺、咖啡因、酚酞、大黄素、吲达帕胺、布美他尼、托拉塞米、三氮唑啉、奥利司他、苯乙双胍	HPLC-MS/MS法
Kim JY等 ^[27]	比沙可啶、安非他酮、西布曲明及其衍生物、安非拉酮、麻黄碱、芬氟拉明、氟西汀、左旋甲状腺素、碘塞罗宁、马明啉、奥利司他、帕罗西汀、酒石酸苯甲胺、苯巴比妥、酚酞、苯妥英钠、苯丁胺、利莫那班、番泻苷A、番泻苷B	UPLC、HPLC-MS/MS法
朱健等 ^[16]	苯丙醇胺、麻黄碱、氢氯噻嗪、甲基安非他酮、芬氟拉明、酚酞、吲达帕胺、布美他尼、N-去甲基西布曲明、N,N-双去甲基西布曲明、西布曲明、比沙可啶、利莫那班	UPLC-MS/MS法
Kim HJ等 ^[28]	比沙可啶、安非他酮、咖啡因、卡托普利、西布曲明及其衍生物、安非拉酮、麻黄碱、芬氟拉明、氟西汀、左旋甲状腺素、碘塞罗宁、马明啉、莫达非尼、奥利司他、帕罗西汀、苯二甲吗啉、苯巴比妥、酚酞、苯丁胺、苯妥英钠、伪麻黄碱、番泻苷A、番泻苷B、舍曲林、茶碱	UPLC-MS/MS法
Vaclavik L等 ^[29]	安非他酮、芬特明、苜蓿碱、布美他尼、氯噻酮、氟西汀、氢氯噻嗪、甲氯噻嗪、美托拉宗、奥利司他、舍曲林、利莫那班	UPLC-MS/MS法
Deconinck E等 ^[30]	咖啡因、西布曲明及其衍生物、二甲双胍、酚酞、麻黄碱、伪麻黄碱、奥利司他、莫达非尼、利莫那班	固定相选择性优化LC法(SOS-LC)
朱志鑫等 ^[17]	芬氟拉明、西布曲明	GC-MS法
何欢等 ^[18]	麻黄碱、伪麻黄碱、咖啡因、安非他酮、芬氟拉明、苯丙醇胺、苯佐卡因、舍曲林、克伦特罗、辛弗林、N-去甲基西布曲明、西布曲明、茶碱、氢溴酸西酞普兰、大黄素、吲达帕胺、N,N-双去甲基西布曲明、三氮唑啉、唑尼沙胺、阿卡波糖、苯氟雷司、托拉塞米、氟西汀、乙酰唑胺、酚酞、氯噻酮、螺内酯、托吡酯、苯丙酸诺龙、布美他尼、利莫那班、苜蓿碱、西替利司他、依他尼酸、氯胺酮、甲氯噻嗪、美托拉宗、奥利司他	IMS法

3 结语

近年来,减肥类保健食品中非法添加化学药物的现象已开始受到广泛关注,与其相应的筛查检测技术和方法的研究和应用也取得了一定的进展。提高保健食品中非法添加化学药物的检测水平,建立和完善其检测标准和指南,有利于更好地打击相关非法行为,保障消费者的合法权益和身体健康。与此同时,政府部门也需要加大监管力度,完善法律法规,加大惩处力度,让不法厂商无机可乘。

参考文献

- [1] Shi F, Guo C, Gong L, *et al.* Application of a high resolution benchtop quadrupole-orbitrap mass spectrometry for the rapid screening, confirmation and quantification of illegal adulterated phosphodiesterase 5 inhibitors in herbal medicines and dietary supplements[J]. *J Chromatogr A*, 2014, 1344(6):91-98.
- [2] Guo C, Shi F, Jiang S, *et al.* Simultaneous identification, confirmation and quantitation of illegal adulterated anti-diabetics in herbal medicines and dietary supplements using high resolution benchtop quadrupole-orbitrap mass spectrometry[J]. *J Chromatogr B*, 2014, 967:174-182.
- [3] Rocha T, Amaral JS, Oliveira M. Adulteration of dietary supplements by the illegal addition of synthetic drugs: a review[J]. *Compr Rev Food Sci F*, 2015, 15(1):43-62.
- [4] 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.
- [5] 王静文,曹进,王钢力,等.保健食品中非法添加药物检测技术研究进展[J].*药物分析杂志*, 2014, 34(1):1-11.
- [6] 黄诺嘉,杨文红,黄奕滨.减肥类中成药、保健食品、食品中非法添加酚酞、西布曲明等化学成分的快筛检测方法研究[J].*食品与药品*, 2011, 13(3):114-117.
- [7] 黄艳萍,袁萍,黄勇红.减肥保健品中西布曲明的近红外光谱法快速测定[J].*海峡药学*, 2015, 27(11):42-44.
- [8] 许凤,冯钰,付双,等.薄层色谱-显微红外光谱(TLC-Micro IR)联用技术检测减肥保健食品中非法添加盐酸芬氟拉明[J].*中国医院药学杂志*, 2016, 36(5):358-361.
- [9] 甘勇强,纪南,田萍,等.拉曼光谱快速检测减肥保健品中非法添加酚酞的研究[J].*中国药师*, 2014, 17(10):1675-1677.
- [10] Hachem R, Assemet G, Martins N, *et al.* Proton NMR for detection, identification and quantification of adulterants in 160 herbal food supplements marketed for weight loss[J]. *J Pharmaceut Biomed*, 2016, 124:34-47.
- [11] 许凤,李莉,张宏莲,等.薄层色谱扫描法对减肥保健食品中酚酞的定性定量分析[J].*药物分析杂志*, 2014, 34(9):1634-1640.
- [12] Song FH, Monroe D, Ei A, *et al.* Screening for multiple weight loss and related drugs in dietary supplement materials by flow injection tandem mass spectrometry and their confirmation by liquid chromatography tandem mass spectrometry[J]. *J Pharmaceut Biomed*, 2014, 88:136-143.

- [13] Viana C, Zemolin GM, Muller LS, *et al.* Liquid chromatographic determination of caffeine and adrenergic stimulants in food supplements sold in Brazilian e-commerce for weight loss and physical fitness[J]. *Food Addit Contam A*, 2016, 33(1):1-9.
- [14] 王静文, 黄湘鹭, 曹进, 等. 超高效液相色谱法同时测定减肥类保健食品中非法添加的 25 种药物[J]. 色谱, 2014, 32(2):151-156.
- [15] Strano S, Odorardi S, Castrignano E, *et al.* Liquid chromatography high resolution mass spectrometry(LC-HRMS) determination of stimulants, anorectic drugs and phosphodiesterase 5 inhibitors (PDE5I) in food supplements[J]. *J Pharmaceut Biomed*, 2015, 106:144-152.
- [16] 朱健, 裘一婧, 沈国芳. UPLC-MS/MS 法快速检测减肥类保健品中 13 种非法添加化学成分[J]. 中草药, 2014, 45(4):509-515.
- [17] 朱志鑫, 吴惠勤, 黄晓兰, 等. 气相色谱-质谱法检测减肥食品中芬氟拉明和西布曲明[J]. 现代食品科技, 2012, 28(10):1419-1422.
- [18] 何欢, 王静文, 李琼, 等. 离子迁移检测减肥保健食品中非法添加药物[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(9):2657-2662.
- [19] Mao H, Qi MH, Zhou YJ, *et al.* Discrimination of sibutramine and its analogues based on surface-enhanced Raman spectroscopy and chemometrics: toward the rapid detection of synthetic anorexic drugs in natural slimming products[J]. *RSC Adv*, 2015, 5(8):5886-5894.
- [20] Hachem R, Malet M, Gilard V. First identification and quantification of lorcaserin in an herbal slimming dietary supplement[J]. *J Pharmaceut Biomed*, 2014, 98:94-99.
- [21] Mathon C, Ankli A, Reich E, *et al.* Screening and determination of sibutramine in adulterated herbal slimming supplements by HPTLC-UV densitometry[J]. *Food Addit Contam A*, 2014, 31(1):15-20.
- [22] 万林春, 王栋, 丁银平, 等. 减肥保健食品中添加化学药物的快速检测方法研究[J]. 中国药事, 2013, 27(12):1285-1290.
- [23] Reeuwijk NM, Venhuis BJ, Kaste DD, *et al.* Active pharmaceutical ingredients detected in herbal food supplements for weight loss sampled on the Dutch market[J]. *Food Addit Contam A*, 2014, 31(11):1783-1793.
- [24] 林芳, 李涛, 郭建博, 等. UPLC-DAD 法快速检测减肥类保健食品中违法添加的 8 种化学药物[J]. 食品科技, 2014, 39(7):318-324.
- [25] 白雪, 张亚锋, 艾芸, 等. HPLC-MS/MS 法快速检测中成药及保健食品中 6 种减肥类非法添加化学成分[J]. 西北药学杂志, 2016, 31(1):48-50.
- [26] 马微, 程丽, 张兰威, 等. 基质分散固相萃取-高效液相色谱-串联质谱法同时测定减肥保健食品中 20 种违禁添加药物[J]. 分析化学, 2014, 42(8):1161-1170.
- [27] Kim JY, Park HJ, Kim JW, *et al.* Development and validation of UPLC and LC-MS/MS methods for the simultaneous determination of anti-obesity drugs in foods and dietary supplements[J]. *Arch Pharm Res*, 2016, 39(1):103-114.
- [28] Kim HJ, Lee JH, Park HJ, *et al.* Monitoring of 29 weight loss compounds in foods and dietary supplements by LC-MS/MS[J]. *Food Addit Contam A*, 2014, 31(5):777-783.
- [29] Vaclavik L, Krytsky AJ, Rader JI. Targeted analysis of multiple pharmaceuticals, plant toxins and other secondary metabolites in herbal dietary supplements by ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole-prbital ion trp mass spectrometry[J]. *Anal Chim Acta*, 2014, 810:45-60.
- [30] Deconinck E, Ghils L, Kamugisha A, *et al.* Comparison of three development approaches for Stationary Phase Optimised Selectivity Liquid Chromatography based screening method Part I : a heterogeneous group of molecules: slimming agents in food supplements[J]. *Talanta*, 2016, 148:518-528.

(收稿日期:2016-04-12 修回日期:2017-02-14)

(编辑:周 簪)

《中国药房》杂志——WHO 西太平洋地区医学索引(WPRIM)收录期刊, 欢迎投稿、订阅