

HPLC检测功能食品中羟基柠檬酸主成份和两种非法添加药物

李兰英, 许丽, 丁敏, 张波, 张敏, 任淑贞,
陈静文, 孙荣荣, 刘刚*

(上海市计量测试技术研究院, 上海 201203)

摘要: **目的** 利用高效液相色谱(HPLC)建立羟基柠檬酸(hydroxycitric acid, HCA)功效成分的分析方法, 并建立功能食品中非法添加利莫那班(rimonabant)和西布曲明(sibutramine)的同时检测方法。**方法** 样品经过超声提取, 分别以 99 % 0.1 % 磷酸水溶液-1 % 甲醇为流动相, 在 210 nm 检测波长下进行 HCA 检测; 以 100 % 甲醇为流动相, 在 223 nm 波长下进行利莫那班和西布曲明同时检测。**结果** HCA 在 0.001~1.0 mg/mL 范围内线性关系良好, 平均添加回收率为 90.49 %~103.90 %。利莫那班和西布曲明在 0.01~20 $\mu\text{g/mL}$ 范围内线性关系良好, 检出限分别达到 1 ng/mL 和 3 ng/mL。**结论** 该方法简单、分析速度快、准确度高, 能够定量检测功能食品中羟基柠檬酸含量, 以及非法添加利莫那班和西布曲明, 实际用于该类功能食品的质量监控效果良好。

关键词: 高效液相色谱法(HPLC); 羟基柠檬酸; 功能食品; 利莫那班; 西布曲明

HPLC analysis of the active component and two illegally added compounds in hydroxycitric acid functional food

LI Lan-Ying, XU Li, DING Min, ZHANG Bo, ZHANG Min, REN Shu-Zhen,
CHEN Jing-Wen, SUN Rong-Rong, LIU Gang*

(Shanghai Institute of Measurement and Testing Technology, Shanghai, 201203, China)

ABSTRACT: Objective To establish an HPLC method for the analysis of hydroxycitric acid (HCA) and the simultaneous determination of illegally added rimonabant and sibutramine in functional food. **Methods** After ultrasonic extraction of the sample, HCA was analyzed at 210 nm wave length using 99% phosphoric acid (0.1%) -1% methanol as the mobile phase; rimonabant and sibutramine was detected at 223 nm wave length using 100% methanol as the mobile phase. **Results** HCA showed a good liner range between 0.001~1.0 mg/mL with an average spiked recovery of 90.49%~103.90%; Rimonabant and sibutramine detection reached a liner range between 0.01~20 $\mu\text{g/mL}$, and the limit of detection (LOD) was 1 ng/mL and 3 ng/mL, respectively. **Conclusion** The analysis of HCA and detection of rimonabant and sibutramine were simply operated with high analysis speed and high accuracy which was proved to be practical when used for quality monitoring of functional foods.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography; hydroxycitric acid; functional food; rimonabant; sibutramine

羟基柠檬酸(hydroxycitric Acid, HCA)^[1], 主要是从藤黄属植物的果实中提出得到的一种天然有机酸。HCA 对柠檬酸裂解酶的亲和力比天然底物(柠檬酸)高很多, 所以会优先和酶结合, 从而抑制柠檬酸裂解酶的活性, 减少体内的脂肪形成^[2], 因此 HCA 在减肥、降低血脂等方面具有良好功效^[3, 4], 同时 HCA 作为一种天然植物产物, 具有很长的食用和药用历史, 实验证明无毒副作用^[5], 所以被用作天然减肥食品主要功能成份^[6]。对于该类功能食品, HCA 成分的含量是产品质量的一个重要指标, GB16740-1997“保健(功能)食品通用标准”中提出产品应该含有功能所需功效成分, 需要建立 HCA 成分的检测方法, 对相关产品质量进行评估。

天然产物功能食品往往因为使用安全、毒副作用低而受到消费者青睐, 但是有些厂商为提高疗效, 在标称 HCA 功能食品或者藤黄果功能食品中非法添加化学药物, 可能危害消费者健康。其中利莫那班^[7]和西布曲明是两种常用的精神抑制类添加药物: 利莫那班^[8]是一种大麻素受体-1 阻滞剂, 具有胰岛素增敏和改善脂代谢紊乱的作用, 有助于降低体重^[9]。西布曲明是一种去甲肾上腺素和 5-羟色胺重摄取抑制剂, 具有兴奋、抑制食欲等作用^[10]。尽管这两种药物的减肥效果明显, 但带来的不良反应也不容忽视。过量服用利莫那班的患者中易出现癫痫发作、攻击性和自杀倾向等严重的副作用^[11]; 过量服用西布曲明易出现肢体痉挛、思维异常, 且可能导致心血管疾病^[12, 13], 西布曲明已经被 FDA 和我国国家食品药品监督管理局明确禁止使用。

为了促进功能食品市场规范化, 建立功能食品产品标准^[14], 需要研究简单快速、准确有效的方法对功能食品功效成分进行分析, 对非法添加的化学药物进行定量检测。本实验建立了一种利用高效液相色谱(HPLC)分析 HCA 功效成分的方法, 并且建立了同时检测功能食品中非法添加利莫那班和西布曲明两种化学药物, 该方法简单快速, 10 min 即可完成 HCA 功效成分或两种非法添加的分离检测, 为减肥功能食品的实际检测工作和产品质量控制提供了一种有效的方法。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

羟基柠檬酸(HCA 纯度 98.70 %, 上海佰年诗丹

德检测技术有限公司); 藤黄果减肥功能食品 5 种(羟基柠檬酸功能食品 1-5)(市售); 藤黄果提取物(市售, HCA 含量 60 %); 甲醇(色谱纯, 德国 MERCK 公司); 磷酸(分析纯, 美国 Sigma 公司)。

西布曲明对照品(中国药品生物制品检定所提供); 利莫那班对照品(纯度>98%, TIC); 减肥功能食品 4 种(市售品); 甲醇(色谱纯, 德国 MERCK 公司); Milli-Q 超纯水(Milli-Q 超纯水制备系统)。

1.2 仪器与设备

Agilent 1100 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司)、KQ-600B 超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)、MS2 型漩涡振荡器(德国 IKA 公司)、Milli-Q 超纯水制备系统(美国 Millipore 公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 储备液的配制

称取 HCA 对照品 10.0 mg, 用超纯水溶解并稀释, 配制成质量浓度为 10 mg/mL 的标准储备溶液, 4 °C 冰箱保存备用。

称取利莫那班与西布曲明对照品各 0.0200 g 于两个 10 mL 容量瓶中, 加甲醇溶解并稀释至刻度, 摇匀, 得浓度为 2 mg/mL 的对照品储备液, 保存在 4 °C 冰箱中。

1.3.2 标准混合工作溶液的配制

量取各对照品储备液各适量, HCA 用超纯水逐级稀释成 1.0、0.5、0.2、0.1、0.01、0.001 mg/mL 的对照品溶液。利莫那班与西布曲明分别用甲醇稀释成浓度 0.01、0.05、0.1、1、2、5、10、20 µg/mL 系列标准混合溶液。

1.3.3 样品预处理

1.3.3.1 藤黄果提取物样品处理

取藤黄果提取物 50 mg 置于 50 mL 容量瓶中, 加水 40 mL, 超声波发生器上超声提取 20 min, 冷却至室温, 定容至刻度, 摇匀, 经 0.22 µm 有机微孔滤膜过滤, 供 HPLC 测定。

1.3.3.2 胶囊内容物预处理

取 5 粒胶囊内容物混匀, 精密称取 0.10 g, 置 250 mL 容量瓶中, 加甲醇 200 mL, 超声波发生器上超声提取 20 min, 冷却至室温, 甲醇定容至刻度, 摇匀, 经 0.22 µm 有机微孔滤膜过滤, 供 HPLC 测定。

1.3.3.3 样品胶囊壳预处理

任取胶囊 5 粒, 倾出内容物粉末, 用棉花擦拭干

净胶囊壳。小心地剪成碎片,置于 50 mL 容量瓶中,加 40 mL 50 %甲醇水溶液,超声波发生器上超声提取 20 min,冷却至室温,加 50 %甲醇水溶液定容至刻度,摇匀,经 0.22 μm 有机微孔滤膜过滤,供 HPLC 测定。

1.3.4 HPLC 色谱条件

羟基柠檬酸检测: 色谱柱: Waters Atlantis T3-

(4.6 $\times$ 150 mm); 柱温: 20 度; 进样体积: 10 μL ; 流动相: 99% 0.1%磷酸水溶液+1% 甲醇; 流速: 0.6 mL/min; 检测波长: 210 nm。

利莫那班和西布曲明检测: 色谱柱: Waters Atlantis T3(4.6 $\times$ 150 mm); 柱温: 20 度; 进样体积: 10 μL ; 流动相: 甲醇; 流速: 0.6 mL/min; 检测波长: 223 nm。

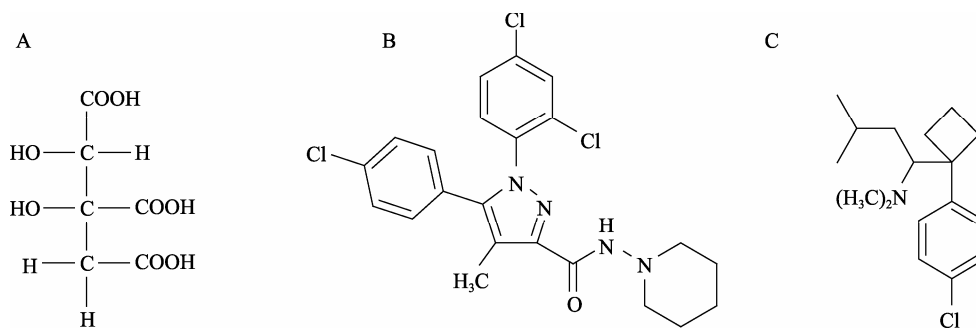


图1 HCA(A), 利莫那班(B)和西布曲明(C)的化学结构式

Fig. 1 Chemical structural formula of hydroxycitric acid (A), rimonabant (B) and sibutramine (C)

2 结果与分析

2.1 羟基柠檬酸分析

2.1.1 色谱柱和流动相的选择

由于 HCA 极性较大, HPLC 检测时需要流动相含水比例较高, 而且流动相中需加入 0.1 %磷酸以防止 HCA 质子化, 我们选用适合在低 pH 范围内和 100 %水相兼容的 Waters Atlantis T3(4.6 $\times$ 150 mm)柱。以 1 mg/mL HCA 为研究对象, 采用不同比例的 0.1% 磷酸水溶液-甲醇为流动相进行实验, 结果表明以 99% 0.1%磷酸-1%甲醇为流动相时 HCA 的仪器相应信号较高, 而且保留时间为 7.3 min, 适合分析实际样品中的 HCA 的含量。

2.1.2 标准曲线及线性关系

将标准工作溶液在优化色谱条件下进样, 以峰面积(A)对 HCA 对照品浓度(mg/mL)作标准曲线, 得线性回归方程。HCA 在 0.001~1.0 mg/mL 范围内线性关系良好, 其线性回归方程和相关系数见表 1。线性回归方程 $Y=95476X-106$, 线性相关系数 $r=1$ 。

2.1.3 检出限测定

根据检测结果HCA的检出限(LOD)为0.1 $\mu\text{g/mL}$ -($S/N>3$); HCA的定量限(LQD)为0.3 $\mu\text{g/mL}$ ($S/N>10$)。

2.1.4 精密度实验

在相同色谱条件下, 取 1.0 mg/mL HCA 对照品溶液重复进样 6 次, 测定各次 HCA 的峰面积 A, 计算 RSD 为 0.09 %($n=6$), 表明精密度良好。相关数据见表 2。

表1 羟基柠檬酸标准品检测结果

Table 1 Analysis result of hydroxycitric acid standard solution

浓度(mg/mL)	0.001	0.01	0.1	0.2	0.5	1.0
峰面积(A)	70	894.9	9414.2	18989.8	47431	95473.1

表2 精密度实验峰面积及其相对标准偏差($n=6$)

Table 2 Precision of the HPLC detection of HCA

化合物	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	RSD
羟基柠檬酸	95218.5	95317.9	95262.1	95288.3	95306.0	95478.0	0.09%

2.1.5 加标回收率实验

以市售藤黄果提取物和 HCA 功能食品 1 为样品, 分别添加不同量的 HCA 对照品溶液, 按本方法进行试验, 用 HPLC 进行测定。在低、中、高 3 个添加水平范围内的平均回收率(每个添加量平行测定 6 次)为 90.49 %~103.90 %, 加标回收率结果见表 3。

HCA 在不同基体中 HPLC 谱图如图 2 所示(其中实际样品以功能食品 1 为例)。

2.1.6 实际样品检测

应用本方法分别对市场上 5 种 HCA 类减肥功能食品进行分析测定, 这些功能食品均标称以藤黄果提取物或者羟基柠檬酸为主要成分, 但是经检测发

现其中有三种存在功效成分严重不足的现象。具体结果见表 4。

表 3 羟基柠檬酸检测加标回收率试验结果(n=6)
Table 3 Spiked recovery experiment results of HCA analysis

药品名称	加入量(mg/mL)	回收率	RSD
藤黄果提取物	0.264	95.70 %	0.37 %
	0.424	98.51 %	0.51 %
	0.510	90.49 %	0.21 %
功能食品 1	0.264	97.39 %	2.51 %
	0.424	103.90 %	0.08 %
	0.510	94.77 %	0.52 %

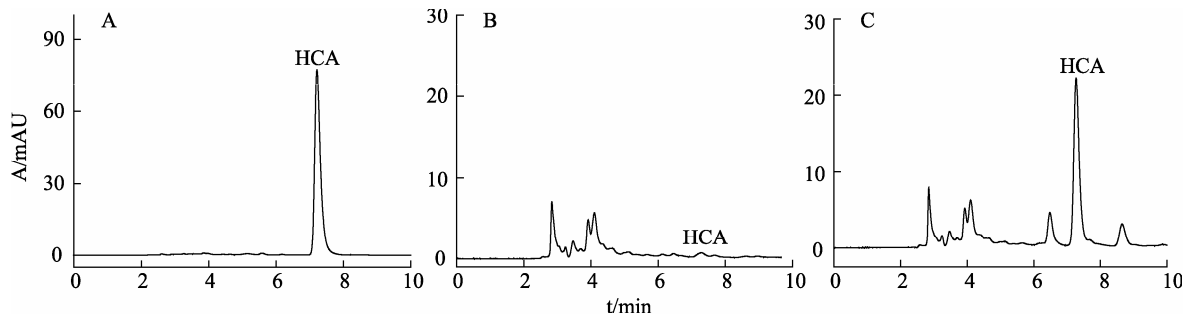


图 2 羟基柠檬酸在不同基体中的 HPLC 色谱图

A: 10 mg/mL 羟基柠檬酸水溶液; B: 功能食品 1 中羟基柠檬酸 HPLC 色谱; C: 功能食品 1 中添加 0.264 mg/mL HCA。

Fig. 2 HPLC chromatograph of HCA in different matrix samples

A: 10 mg/mL HCA solution; B: HCA in functional food No. 1; C: functional food No.1 after 0.264 mg/mL HCA was spiked

表 4 实际样品中羟基柠檬酸的含量检测
Table 4 Real sample analysis results

样品名称	标签含量(mg/粒)	测得含量(mg/粒)
减肥胶囊 1	300	0.49
减肥胶囊 2	200	N.D
减肥胶囊 3	900	815.7
减肥胶囊 4	900	780.3
减肥胶囊 5	无含量标识	N.D

(N.D.表示未测出)

2.2 利莫那班和西布曲明同时检测

2.2.1 检测条件确定

西布曲明在 222.7 nm 有最大吸收, 利莫那班在 200 nm 以后没有强吸收峰, 在 223 nm 有较大的吸收, 所以为了实现了对利莫那班和西布曲明的同时分析, 我们选择 223 nm 为检测波长。

2.2.2 样品处理方法的确定

超声波能产生机械效应、空化效应及热效应, 从而增加溶剂穿透能力, 促进药物成分向溶剂相溶解,

提高药物溶出速度和溶出的次数, 增加物质成分的扩散, 加速提取过程, 提高回收率^[15], 影响超声萃取效率的因素主要是超声时间。我们分别超声辅助提取 10、20、30、40 min, 比较这两种药物的提取效率结果可知, 超声 20 min 即可将样品中的利莫那班和西布曲明提取完全, 因此确定最佳提取时间为 20 min。

2.2.3 标准曲线及线性关系

将混合标准工作溶液在优化的色谱条件下进样, 以峰面积(A)对对照品浓度($\mu\text{g/mL}$)作标准曲线, 得线性回归方程。利莫那班和西布曲明在 0.01~20 $\mu\text{g/mL}$ 范围内线性关系良好, 其线性回归方程和相关系数见表 5。

表 5 利莫那班和西布曲明的线性回归方程和相关系数
Table 5 The linear regression equation and correlation coefficient of rimonabant and sibutramine

化合物	线性回归方程	相关系数
利莫那班	$A=6116.4C+418.1$	$r=0.9999$
西布曲明	$A=3246.1C+181.2$	$r=0.9999$

2.3.2 检出限测定

按照信噪比(S/N)为 3 作为检出限(LOD), 利莫那班的检出限为 1 ng/mL, 西布曲明的检出限为 3 ng/mL; 按照信噪比(S/N)为 10 作为定量限(LQD), 利莫那班的定量限为 3.3 ng/mL, 西布曲明的定量限为 10.0 ng/mL, 完全可以满足目前功能食品中非法添加的定量检测。

2.3.3 精密度实验

在相同色谱条件下, 用浓度 10 μg/mL 的利莫那班和西布曲明的混合标准溶液进样, 每次 10 μL, 重复进样 6 次, 分别测定各次的峰面积 A, RSD 分别为 1.47%, 1.25 %($n=6$), 表明精密度良好。相关数据见表 6。

2.3.4 稳定性实验

在相同色谱条件下, 取同一浓度的利莫那班和西布曲明的混合标准溶液, 室温放置 0、1、2、4、6、8、12、24 h 后依次测定, 分别测定利莫那班和西布曲明的峰面积, 外标法定量, 计算其浓度, RSD 分别为 2.62 %, 2.13 %, 表明利莫那班和西布曲明溶液在 24 h 内稳定性良好。相关数据见表 7。

2.3.5 加标回收实验

以 HCA 功能食品 1 和 HCA 功能食品 2 为实际样品, 各加入一定量的利莫那班和西布曲明对照品, 选定的色谱条件下测定, 外标法定量, 计算加标回收率, 结果见表 8。

西布曲名和利莫那班在不同基体中 HPLC 图谱(其中实际样品以 HCA 功能食品 1 为例)结果如图 3 所示。

2.3.6 实际样品分析

应用本方法分别对市场上 4 种减肥功能食品的胶囊内容物和胶囊壳进行了分析测定, 结果见表 9, 其中功能食品 2 的胶囊内容物中含有西布曲明 41.71 mg/g。

3 结 论

本文利用 HPLC 进行功能食品中 HCA 功效成分分析, 同时建立了定量检测减肥功能食品中非法添加的利莫那班和西布曲明的方法, 有效地提高了分析效率和灵敏度, 并具有操作简单、快速的优点。该

表 6 高效液相色谱检测利莫那班和西布曲明的精密度($n=6$)
Table 6 Precision of the HPLC detection of rimonabant and sibutramine ($n=6$)

化合物	A1	A2	A3	A4	A5	A6	RSD
利莫那班	60971.3	61587.5	62382.7	63636.3	61540.8	61103.5	1.47%
西布曲明	32209.2	32550.4	32769.7	33551.1	32986.9	32897.9	1.25%

表 7 利莫那班和西布曲明溶液稳定性实验结果
Table 7 Stability of rimonabant and sibutramine in solution

时间(h)	0	2	4	6	8	12	24	RSD
利莫那班(μg/mL)	5.53	5.45	5.56	5.55	5.63	5.60	5.17	2.62 %
西布曲明(μg/mL)	5.44	5.34	5.40	5.43	5.46	5.48	5.12	2.13 %

表 8 加标回收实验结果
Table 8 Results of spiked recovery experiment

化合物	样品名	样品含量(mg/粒)	加标量(μg/mL)	平均回收率(%)	RSD(%)
利莫那班	HCA 功能食品 1	0	1	102.0	7.1
		0	5	118.8	2.1
	HCA 功能食品 2	0	1	102.0	6.9
		0	5	97.4	4.3
西布曲明	HCA 功能食品 1	0	1	96.3	6.1
		0	5	100.7	0.5
	HCA 功能食品 2	12.52	1	97.0	5.3
		12.52	5	107.2	5.3

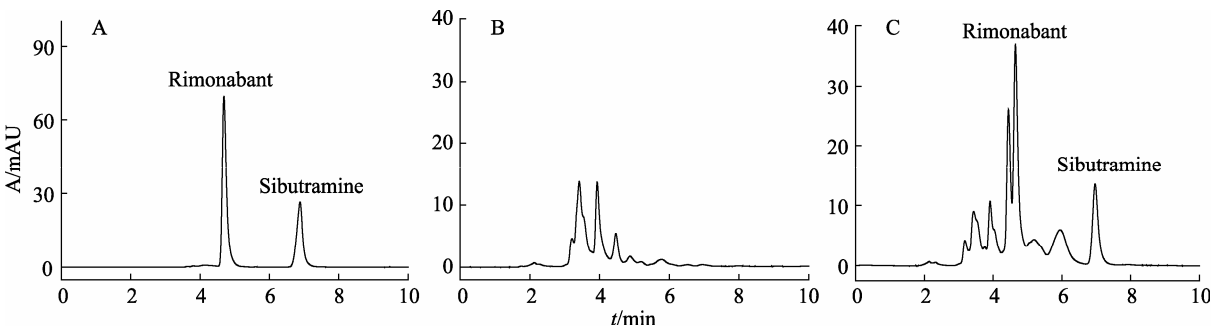


图 3 HPLC 色谱图

A: 水中混合对照品溶液; B: HCA 功能食品 1; C: HCA 功能食品 1 中添加 5 µg/mL 西布曲明和 5 µg/mL 利莫那班

Fig. 3 HPLC chromatograph

A: Mixed standard solution in water; B: HCA functional food No. 1; C: 5 µg/mL sibutramin and 5 µg/mL rimobant spiked into HCA functional food No. 1.

表 9 实际样品测定结果
Table 9 Real sample analysis results

样品	药品名称	利莫那班(mg/g)	西布曲明(mg/g)
胶囊内容物	HCA 功能食品 1	N.D.	N.D.
	HCA 功能食品 2	N.D.	41.71
	HCA 功能食品 3	N.D.	N.D.
	HCA 功能食品 4	N.D.	N.D.
胶囊壳	HCA 功能食品 1	N.D.	N.D.
	HCA 功能食品 2	N.D.	N.D.
	HCA 功能食品 3	N.D.	N.D.
	HCA 功能食品 4	N.D.	N.D.

(N.D.表示未测出)

方法能够实现 HCA 类功能食品的主成份分析, 而且可以对两种主要违禁添加药物进行检测, 符合功能食品质量管理的指导方向, 有助于建立一整套完整的功能性食品标准体系, 可应用于 HCA 类功能食品的实际检验和产品质量的控制, 并被证明有很好的实用性, 在对市场上 5 种 HCA 功能食品的检测中, 发现有个别产品存在功能成分含量不足和非法添加违禁药物的情况, 希望引起消费者和质量监管部门的重视。

参考文献

[1] McCarty MF, Gustin JC. Pyruvate and hydroxycitrate/carnitine may synergize to promote reverse electron transport in hepatocyte mitochondria, effectively 'uncoupling' the oxidation of fatty acids [J]. Med Hypotheses, 1999, 52(5): 407–416.
[2] 袁尔东, 功效活性成分-羟基柠檬酸的研究进展[J]. 四川食品与发酵, 2006, 42(2): 19–23.
[3] Preuss HG, Bagchi D, Bagchi M, et al. Effects of a natural extract

of (-)-hydroxycitric acid (HCA-SX) and a combination of HCA-SX plus niacin-bound chromium and Gymnema sylvestre extract on weight loss [J]. Diabetes Obes Metab, 2004, 6(3): 171–180.
[4] Shara M, Ohia SE, Yasmin T, et al. Dose- and time-dependent effects of a novel (-)-hydroxycitric acid extract on body weight, hepatic and testicular lipid peroxidation, DNA fragmentation and histopathological data over a period of 90 days [J]. Mol Cell Biochem, 2003, 254(1–2): 339–346.
[5] Soni MG, Burdock GA, Preuss HG, et al. Safety assessment of (-)-hydroxycitric acid and Super CitriMax, a novel calcium/potassium salt [J]. Food Chem Toxicol, 2004, 42(9): 1513–1529.
[6] Rao GV, Karunakara AC, Babu RRS, et al. Hydroxycitric acid lactone and its salts: Preparation and appetite suppression studies [J]. Food Chem, 2010, 120(1): 235–239.
[7] Burch J, McKenna C, Palmer S, et al. Rimobant for the treatment of overweight and obese people [J]. Health Technol Assess, 2009, 13(Suppl 3): 13–22.

- [8] Leite CE, Mocelin CA, Petersen GO, *et al.* Rimnabant: an antagonist drug of the endocannabinoid system for the treatment of obesity [J]. *Pharmacol Rep*, 2009, 61(2): 217–224.
- [9] Grassin Delyle S, Abe E, Devillier P, *et al.* Determination of rimnabant in human plasma and hair by liquid chromatography-mass spectrometry [J]. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, 2008, 872(1–2): 115–120.
- [10] 曹玲, 张妤琳, 王宝珠. 减肥保健食品中非法添加盐酸西布曲明的检测[J]. *食品科学*, 2008, 29(2): 340–343.
- [11] de Mattos Viana B, Prais H A, Daker M V. Melancholic features related to rimnabant [J]. *Gen Hosp Psychiatry*, 2009, 31(6): 583–585.
- [12] de Simone G, D'Addeo G. Sibutramine: balancing weight loss benefit and possible cardiovascular risk [J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2008, 18(5): 337–341.
- [13] 裴振峨, 蔡皓东. 西布曲明的不良反应及其防治[J]. *药物不良反应杂志*, 2006, 8(4): 276–279.
- [14] 白凤翎. 关于建立功能性食品国家质量标准的探讨[J]. *食品*

科学, 2007, 28(10): 613–615.

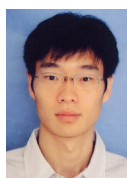
- [15] 马微, 马强, 付丽, 等. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定减肥保健食品中非法添加的药物利莫那班和奥利司他[J]. *色谱*, 2010, 28(1): 43–48.

(责任编辑: 孙媛媛)

作者简介



李兰英, 助理工程师, 硕士学历, 研究方向为食品安全分析及其相关标准物质的研制。
E-mail: lily@simt.com.cn



刘刚, 高级工程师, 博士学历, 研究方向为生物传感、生物分析、食品安全。
E-mail: liug@simt.com.cn

“食品添加剂”专题约稿

《食品安全质量检测学报》感谢各位专家的大力支持! 本刊自2010年1月创刊以来, 得到本领域专家及管理部門的充分肯定, 在国内食品安全与质量研究领域的影响越来越大。

近年来, 食品安全得到了国家越来越多的重视, 但我国的食品安全问题仍较严重。2011年出现的“染色”馒头、“瘦肉精”、“特仑苏”牛奶OMP物质等多个食品安全事件, 引起了公众对食品安全问题的恐慌。鉴于此, 学报特别策划了“食品添加剂”专题, 围绕不良食品添加剂的检测、食品添加剂的滥用、误用等问题展开讨论, 计划在2012年出版, 目前尚缺部分优秀稿件。因此, 编辑部特向各位专家诚征惠稿, 综述、研究论文均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。请通过网站或Email投稿。我们将快速处理并优先发表专题论文。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

Email: tougao@chinafoodj.com

《食品安全质量检测学报》编辑部