

运动营养食品中可卡因的检测

舒俊宏

(武昌工学院体育部, 湖北武汉 430065)

摘要: 食品中的可卡因不易被察觉, 为分析运动营养食品的安全性。本文采用液-液萃取-气相色谱法检测尿液和血液中的可卡因, 将待检测的人体尿液和血液生物样本进行预处理, 优化液-液萃取条件后, 采用 GC-FID 方法获取检测尿液和血液在不同条件下的色谱图。实验结果表明, 色谱图显示检测尿液中的 COC 和检测血液中的 COC、EME 与基体干扰的分离效果明显; 随着加入可卡因标准溶液质量浓度的提升, 检测尿液和血液中的可卡因平均回收率越高, 最高平均回收率分别是 96.73% 和 98.43%, 且平均最小相对标准偏差是 1.39%, 人体食用运动营养食品后日内和日间血液中 EME 和 COD 的平均相对标准偏差均低于 2.3%, 说明该方法可准确检测出食用运动营养食品后人体尿液和血液中的可卡因, 从而判定运动营养食品的安全性。

关键词: 运动营养食品; 可卡因; 液-液萃取; 气相色谱; 检测方法; 尿液; 血液

文章编号: 1673-9078(2019)04-279-284

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.4.038

Detection of Cocaine in Sports Nutritional Food

SHU Jun-hong

(Wuchang Institute of Technology Sports Department, Wuhan 430065, China)

Abstract: Cocaine in food is hard to detect. In order to evaluate the safety of sports nutritional food, the method of liquid-liquid extraction-gas chromatography was used to detect cocaine in urine and blood. The human urine and blood biological samples to be detected were pretreated. After optimizing the conditions of liquid-liquid extraction, the chromatograms of urine and blood under different conditions were obtained by GC-FID. The results showed that the separation effect of COC in urine and COC, EME and matrix interference in blood were obvious. With the increase of the concentration of standard solution of cocaine, the average recovery rate of cocaine in urine and blood increased. The highest average recovery rate was 96.73% and 98.43%, respectively. The average minimum relative standard deviation was 1.39%. The average relative standard deviation of EME and COD in the blood of daytime and daytime after eating sports nutritional food was less than 2.3%. It shows that this method could accurately detect the cocaine in human urine and blood after eating sports nutritional food. It could evaluate the safety of sports nutritional food.

Key words: sports nutritional food; cocaine; liquid-liquid extraction; gas chromatography; detection methods; urine; blood

随着经济的发展, 人们的生活不断提高^[1], 越来越多的人开始关注运动以及营养问题。运动营养食品是含有很高营养素的一类食品, 对于运动人员该产品能够很好的补给身体所消耗的能量, 与一些普通的营养保健食品相比其效果显著。我国在运动营养食品方面的认知较其他发达国家晚, 但随着人们运动观念的增强, 运动营养食品迅速发展^[2], 运动营养食品能否健康发展成为人们担忧的问题。对运动营养食品的检测备受关注, 尤其是一些违禁品, 比如可卡因 (cocaine, 简称 COC), 其在医学领域中的麻醉药、血管收缩剂方面起到很好的作用, 但是其毒性特别强, 身体注射方面避免使用^[3]。当食用少量的可卡因食品时能够提高人们的情绪、消除疲劳, 主要是因为它能够使人体的神经中枢局部麻醉, 但是过量摄入含可卡

因食品时, 会损伤人体消化系统、心血管系统和泌尿生殖系统等, 对人体造成严重损害, 因此, 需要对运动营养食品中的可卡因进行检测。

通常选取甲基替换芽子碱的羧基氢作为可卡因的生物检材, 羧基苯基替换羟基氢后生成的一种双酯型生物碱, 即为可卡因。可卡因可以通过呼吸道以及消化道的粘膜被人体吸收^[4], 在人体内代谢循环。可卡因的半衰期是不一样的, 可以通过其被人体吸收的方式判定^[5], 但基本上都是通过肝脏代谢得到其分解因子, 主要因子为苯甲酰芽子碱、爱冈宁甲基酯。通常被用作检测可卡因的生物检材为尿液和血液, 当然, 唾液、毛发、皮肤和指甲等等其他身体组织也可作为检测可卡因和其代谢物的检测检材。检测出的信息情况会根据不同生物检材给出不同的结果。当收集到血液、尿液生物检测材后, 必须在目标成分的检测及提取之前对其进行预处理。利用离心技术将血液分离^[6],

收稿日期: 2018-12-14

作者简介: 舒俊宏 (1982-), 男, 讲师, 研究方向: 足球教学与训练

选用上层的清液, 采用该清液检测及提取可卡因等其他禁用物质。利用酸解和酶解法将可卡因等禁用物质的本身或代谢因子从尿液中分离出^[7]。液-液萃取 (Liquid-Liquid Extraction, 简称 LLE) 和气相色谱法 GC (Gas Chromatography) 是检测和提取血液、尿液生物检材中可卡因的主要方法。

本文通过液-液萃取-气相色谱法检测尿液和血液中的可卡因方法, 检测人们食用运动营养食品后代谢的可卡因及其代谢物爱冈宁甲基酯 (ecgonine methyl ester, 简称 EME), 为分析运动营养食品的安全性和可卡因滥用现象提供可靠的依据。

1 材料与方法

1.1 仪器和试剂

美国 Agilent 公司生产的氢火焰离子化检测器和 7890N 气相色谱仪; 德国 Sigma 公司生产的 Sigma3K15 高速冷冻离心机, 柱体为 30 m×0.32 mm.i.d×0.25 μm 的 HP-5 弹性石英毛细管柱; 来自北京八方世纪科技有限公司的 BF2000-A 氮气吹干仪以及日本 SHimadzu 公司的 QP-2010 型气相色谱-质谱仪。

盐酸可卡因 (C₁₇H₂₁NO₄·HCl=339.86) 标准品 (国家麻醉药品实验室); 从美国 Fisher 公司购买的甲醇 (色谱纯); 分析纯是酸乙酯、环己烷、氯仿、浓盐酸以及氢氧化钠等, 检测尿液和血液均来自一名食用某运动营养食品的健康志愿者。

1.2 实验方法

1.2.1 调制标准溶液

将 2.0 mL 的甲醇添加到装有盐酸可卡因的容量瓶 (3.0 mL) 中, 待其彻底溶解后稀释定容到 3.0 mL, 基于游离碱算法, 搅拌均匀调制成 4 mg/mL 浓度的标准备用液, 置于 -20 °C 环境中, 并且密闭保存^[8]。然后稀释标准备用液, 稀释到 120 μg/mL, 作为待使用的标准溶液。

1.2.2 色谱分析条件

1.2.2.1 检测尿液

柱温利用程序升温: 200 °C 保持 1 min, 首先以 20 °C/min 作为标准, 将温度升高至 250 °C, 并将此温度持续 5 min; 然后以 30 °C/min 作为标准, 将温度升高至 300 °C, 并将此温度持续 8 min。通过以上升温过程, 使得进样口和检测器温度均为 300 °C; 载气: 高纯氮恒流 5.0 mL/min, 燃气: 氢气流量: 50 mL/min; 尾吹气流量 30 mL/min。进样品体积是 2.0 μL, 风流比为 15:1。

1.2.2.2 检测血液

色谱柱体为 30 m×0.32 mm×0.25 μm 的 HP-5 弹性石英毛细管柱, 利用程序将其温度升高: 当温度在 120 °C 以下时, 持续 2 min, 然后以 8 °C/min 的速率将温度提高至 160 °C; 以 16 °C/min 速率将温度提高至 260 °C, 持续 5 min; 以 35 °C/min 速率将温度升高至 300 °C, 持续 8 min。设定 300 °C 为进样口和检测器温度; 载气: 纯度高的氮气, 持续流出 4.0 mL/min; 燃气: 氢气, 以 45 mL/min 流出, 尾吹气以 50 mL/min 流出。进样体积是 2 μL, 分流比是 15:1。

1.2.3 样品预处理

处理尿液样品: 将 60 μL, 100 μg/mL 的可卡因标准溶液添加到装有精确吸取的 2 mL 检测尿液的具塞锥形瓶 (50 mL) 中, 混合均匀, 放置 25 min 后添加 2 mL 浓度为 0.05 mol/L, pH 9.5 的碳酸钠 (Na₂CO₃) -碳酸氢钠 (NaHCO₃) 缓冲溶液。添加 8 mL 试剂, 在温度为 40 °C 时利用水浴震荡提取 10 min。提取有机相, 温度 40 °C 下利用氮气吹干, 通过甲醇将残渣溶解, 定容到 100 μL, 提取 2 μL 进样 GC-FID 测定^[9]。

处理血液样品: 将 35 μL 的标准溶液添加到装有精确吸取的 2 mL 检测血液的微波样品罐中, 混合均匀^[10], 放置 35 min 后添加 2 mL 采用碳酸钠和碳酸氢钠的混合溶液, 不断测试 pH 值, 直到 pH 值为 10.0 为止; 添加 8 mL 比例为 9:1 的氯仿和异丙醇混合试剂, 通过 16% 的功率将温度提高到 40 °C, 持续 15 s, 然后通过 12% 功率将温度提高到 50 °C, 采用微波萃取法萃取 8 min, 将样品罐放置直到与室温一致, 最后将获取的溶液用离心管以离心率为 14000 r/min 离心 12 min。提取有机相, 利用温度为 50 °C 的氮吹仪吹干, 采用乙酸乙酯将残渣溶解, 并定容到 60 μL, 取出两个样品, 通过 GC-FID 方法分析样品。

2 结果与讨论

2.1 液-液萃取条件优化

2.1.1 萃取溶剂

采用乙酸乙酯、氯仿、环己烷和异丙醇各 8 mL 混合成溶剂, 并且采用 1.2.3 小节方法处理样品。通过实验得到: 当提取溶剂含有氯仿和异丙醇时, 萃取率高, 效果好, 所以萃取溶剂设定为以 9:1 比例的氯仿和异丙醇溶液。

2.1.2 萃取率与温度的关系

将 8 mL 氯仿和异丙醇的混合试剂加入 pH 值已经分别调至 10、10.5 尿液和血液检测样品中, 计算萃取率同温度的变化^[11]。设定温度为 30 °C、40 °C、50 °C

和 60 °C, 当温度大于 40 °C 时, 萃取率与温度成反比, 所以最优的萃取温度为 40 °C。

2.1.3 萃取时间

提取上述得到萃取溶剂 6 mL, 即比例为 9:1 的氯仿和异丙醇的混合溶液, 设定萃取温度为 40 °C, 萃取时间以 2 min 为基准, 每隔 2 min 测试一次, 其他的过程按 1.2.3 小节中的方法做样品前处理。通过实验得到: 萃取效果根据萃取时间的增加^[12], 不断提高, 但超过 10 min 后, 效果变化不是很明显, 因此最优萃取时间定为 10 min。

2.1.4 准确萃取溶剂用量

取 2 mL 上述得到的溶剂做萃取实验, 然后依次增加 2 mL 分别做实验, 设定萃取温度为 40 °C, 按照 1.2.3 小节中的方法做样品前处理, 并持续 10 min。通过实验得到: 萃取率会因为萃取溶剂用量的不同而发生显著的变化^[13], 但当溶剂超过 6 mL 时, 萃取率不再升高, 可以判定目标组分会因为溶剂过量而损耗并消失。因此设定 6 mL 为萃取效果最好的萃取溶剂。图 1 描述的是萃取率随着萃取溶剂的增加的变化曲线, 由图 1 可以看出随着溶剂量的提高, 萃取率先提升后降低, 最高萃取率是 90%, 此时对应的溶剂量是 6 mL。

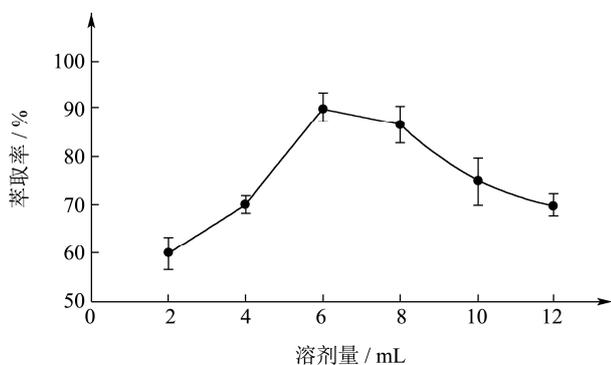


图 1 溶剂用量和萃取率间的关系

Fig.1 Relationship between solvent dosage and extraction rate

2.1.5 尿液与血液的 pH 值和可卡因萃取的关系

温度设定为 40 °C, 通过体积比为 9:1 的氯仿和异丙醇混合溶液 6 mL 的萃取溶剂, 实验时间定为 10 min, 得到检测尿液和检测血液的 pH 值同可卡因萃取率间的关系, 见图 2。

由图 2 可得, 当 pH 值不断增加时, 尿样和血样的萃取率不断的发生变化, 当 pH 值为 10 时, 尿样的萃取率达到最高 85%, 当 pH 值为 10.5 时, 血样的萃取率达到最高 88%, 因此采用 pH 值为 10 的尿液和 pH 值为 10.5 的血样, 可以获得最佳可卡因萃取效果。主要原因是可卡因和其代谢物都属于生物碱, 当碱性

较高时, 可卡因很容易被水解, 导致萃取率降低, 因此萃取可卡因时尿液的 pH 值选择 10, 血液的 pH 值选择 10.5。

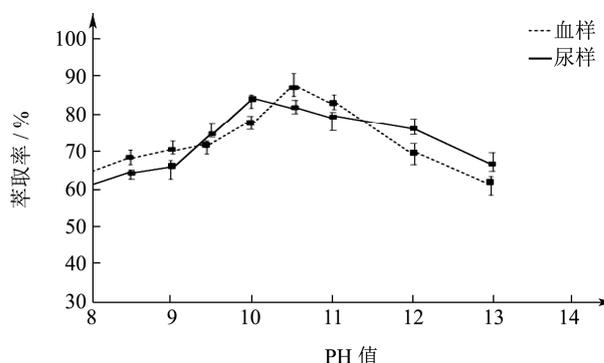


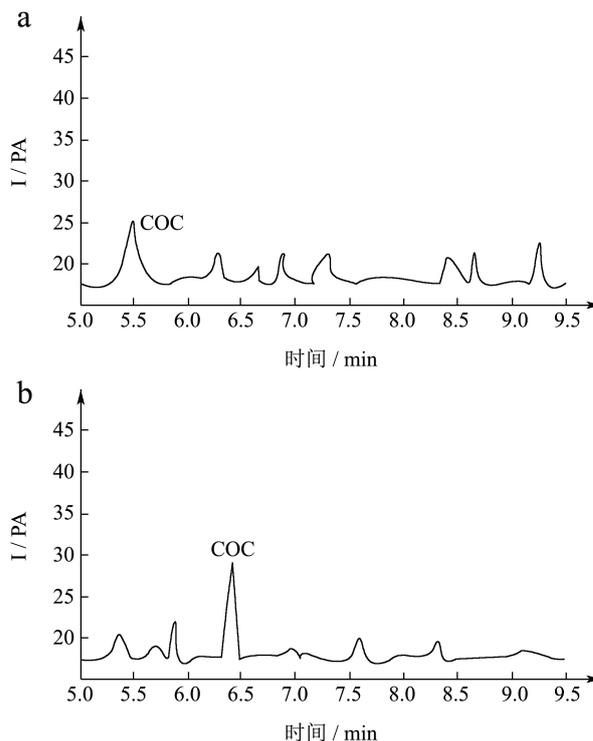
图 2 尿样和血样中的 pH 值和可卡因萃取率的关系

Fig.2 Relationship between pH in urine samples and blood samples and cocaine extraction rate

2.2 GC-FID 色谱图分析

图 3 和图 4 描述的是采用 1.2.2 的色谱分析条件, 基于 2.1 小节的液-液萃取条件优化结果, 采用 GC-FID 方法获取人体食用运动营养食品后不同条件下检测尿液和血液色谱图。

分析图 3 和图 4 得出, 在不同条件下采用 GC-FID 方法得到检测尿液中的 COC 和检测血液中的 COC、EME 与基体干扰的分离效果明显, 说明本文方法能够有效分离人体食用运动营养食品后尿液以及血液中的可卡因和可卡因代谢物, 为可卡因检测提供可靠分析依据。



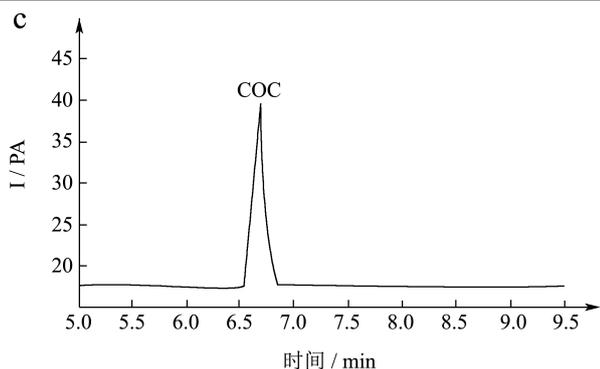


图3 人体食用运动营养食品后尿液色谱图

Fig.3 Urine chromatogram after eating exercise food

注: a: 检测尿液; b: COC 加标 (0.08 μg/mL) 尿液; c: 对照尿液 (0.08 μg/mL)。

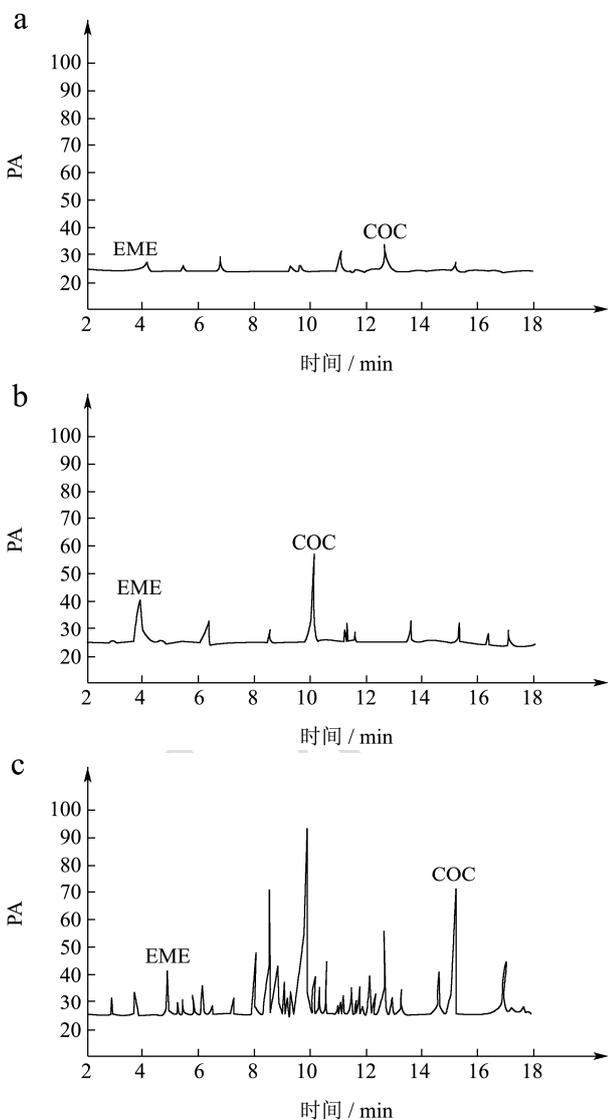


图4 人体食用运动营养食品后血液色谱图

Fig.4 Blood chromatogram of the body after eating exercise nutritious food

注: a: 检测血液; b: COC 和 EME 混合液; c: COC 对照品。

2.3 可卡因回收率和相对标准偏差

在检测尿液和血液中添加检测可卡因的标准溶液, 分别调制质量浓度是 0.6 μg/mL, 1.2 μg/mL, 2.2 μg/mL 的尿液和血液样品各 8 份, 实施 GC-FID 分析, 运算目标组分的峰面积同一致浓度标准溶液的峰面积比例值, 该比例值则是食用运动营养食品后人体血液和尿液中可卡因的回收率和相对标准偏差, 结果分别用表 1 和表 2 描述。

表 1 尿液中 COC 的回收率和相对标准偏差

Table 1 Recovery rate and relative standard deviation of COC in urine (n=8)

检测目标	加入量 / (μg/mL)	平均回收率 / %	相对标准偏差 / %
可卡因	0.6	96.73	1.67
	1.2	95.83	1.45
	2.2	95.62	1.32

表 2 血液中 COC 的回收率和相对标准偏差

Table 2 Recovery rate and relative standard deviation of COC in blood (n=8)

检测目标	加入量 / (μg/mL)	平均回收率 / %	相对标准偏差 / %
可卡因	0.6	95.02	1.62
	1.2	96.72	1.58
	2.2	98.43	1.46

分析表 1 和表 2 得出, 随着可卡因标准溶液质量浓度的逐渐增加, 检测出检测尿液的最高平均回收率为 96.73%, 检测血液的最高平均回收率为 98.43%, 相对标准偏差均小于 1.7%, 对应的相对标准偏差最小值分别为 1.32% 和 1.46%, 说明采用本文方法检测食用运动营养食品后人体尿液和血液中可卡因具有较高的回收率, 并且平均最小相对标准偏差是 1.39%, 检测可卡因准确率高, 在实际应用中有很好的效果, 为检测尿液和血液中的可卡因提供了支撑。

2.4 血液中可卡因检测相对标准偏差

将 COC 和 EME 配制成混合标准溶液添加到检测血液样本中, 调配成质量浓度分别是 0.4、1.8、3.0 和 4.0 mg/L 的样本的 COC 和 EME 组分, 两种组分在日内和日间的样品分别是 6 份和 3 份, 一天内检测 5 次相对标准偏差, 连续 3 天检测相对标准偏差, 结果如表 3 所示。

分析表 3 得到, 人体中 COC 和 EME 的日内和日间相对标准偏差会随着加入量的增加而降低, 日内 COC 和 EME 的平均相对标准偏差分别是 1.85% 和

2.23%，日间 COC 和 EME 的平均相对标准偏差分别是 1.96%和 2.23%，说明本文方法检测可卡因时可以获得很好的分离效果；本文方法检测人体食用运动营

养食品后日内和日间血液中 EME 和 COD 的平均相对标准偏差均低于 2.3%，说明本文方法可以准确检测出运动营养食品食用人体血液中的可卡因。

表 3 血液中 EME 和 COC 相对标准偏差测试结果

Table 3 Results of EME and COC precision test in blood

加入量/(mg/L)	EME 的相对标准偏差/%		COC 的相对标准偏差/%	
	日内 (n=6)	日间(n=3)	日内 (n=6)	日间(n=3)
0.4	2.78	2.84	2.93	2.73
1.8	2.65	2.76	1.69	2.15
3	1.84	1.89	1.58	1.74
4	1.65	1.43	1.22	1.25

3 结论

3.1 采用本文方法检测尿液和血液中的可卡因，回收率最高达到 96.73%和 98.43%，说明采用本文方法检测可卡因准确性好，回收率高。主要是因为本实验采用的仪器都是精密仪器，并且本文方法所用的溶液都是通过多次配比得到的标准溶液。通过本文方法检测在检测血液中加入的 COC 和 EME 的混合溶液时，得到 COC 和 EME 的相对标准偏差不同，当加入可卡因标准溶液质量浓度增加时，提取的 COC 和 EME 的相对标准偏差越低，说明本文方法检测血液中 COC 和 EME 时受基体的干扰小。

3.2 本文通过液-液萃取-气相色谱法检测尿液和血液中的可卡因以及代谢物 EME，利用精密的仪器，标准的溶剂，并对检测尿液和血液样品细致的处理优化萃取条件，进而采用 GC-FID 方法准备检测出食用运动营养食品后人体体内可卡因以及其代谢物，对于预防可卡因滥用、提高运动营养食品安全性具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 刘志远,匡明.枸杞五味子汁复合运动饮料的研制[J].吉林农业科技学院学报,2015,24(1):5-7
LIU Zhi-yuan, KUANG Ming. On the development of compound *Schisandra chinensis*-wolfberry juice sports drink [J]. Journal of Jilin Agricultural Science and Technology College, 2015, 24(1): 5-7
- [2] 马永轩,张名位,魏振承,等.运动营养食品的现状与趋势[J].食品研究与开发,2017,38(14):205-207
MA Yong-xuan, ZHANG Ming-wei, WEI Zhen-cheng, et al. Current status and development trends of sports foods [J]. Food Research and Development, 2017, 38(14): 205-207
- [3] 王路娜,陈一冰,张均,等.可卡因-苯丙胺调节转录肽对缺血-再灌注模型小鼠皮质突触可塑性的影响[J].中国脑血管

病杂志,2017,14(3):127-132

WANG Lu-na, CHEN Yi-bing, ZHANG Jun, et al. Effect of cocaine and amphetamine-regulated transcript peptides on cortical synaptic plasticity in the model mice of ischemia-reperfusion injury [J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2017, 14(3): 127-132

- [4] 颜晓丽.超高效液相色谱-串联质谱法测定食品中 4 种罂粟壳生物碱[J].分析测试技术与仪器,2017,23(1):11-17
YAN Xiao-li. Simultaneous determination of four opium poppy husk alkaloids in residues of foods using ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Analysis and Testing Technology and Instruments, 2017, 23(1): 11-17
- [5] 王欢,胡磊,周明昊.固相萃取与液相色谱质谱联用技术测定化妆品中 7 种局部麻醉药[J].日用化学品科学,2017,40(9):30-34
WANG Huan, HU Lei, ZHOU Ming-hao. Determination of seven local anesthetics in cosmetics by solid-phase extraction and liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Detergent & Cosmetics, 2017, 40(9): 30-34
- [6] 薛庆利,薛山.体育运动食品功效作用机制及市场动态分析[J].闽南师范大学学报:自然科学版,2016,1:97-102
XUE Qing-li, XUE Shan. Analysis on the action mechanism of nutrition function and the market dynamic status of sports food [J]. Journal of Zhangzhou Teachers College (Natural Science Edition), 2016, 1: 97-102
- [7] 范存霞,蔡毅,杨婷婷,等.光遗传技术在可卡因成瘾机制中的应用[J].中华行为医学与脑科学杂志,2015,24(6):573-576
FAN Cun-xia, CAI Yi, YANG Ting-ting, et al. Advance in optogenetic application of cocaine addiction mechanisms [J]. Chinese Journal of Behavioral Medicine and Brain Science, 2015, 24(6): 573-576
- [8] 李安,张秀彤,王冬,等.固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱法测定农田回用再生水中的 9 种雌激素[J].分析实验室,

- 2016,1:73-77
- LI An, ZHANG Xiu-tong, WANG Dong, et al. Determination of 9 estrogens in reclaimed Water from farmland by Solid-Phase Extraction-Ultra-High performance liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry [J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2016, 1: 73-77
- [9] 陶弥锋.运动营养品中磺胺类成分的残留检测[J].食品研究与开发,2017,38(13):165-168
- TAO Mi-feng. Determination of sulfanilamide residue in sports nutrition [J]. Food Research and Development, 2017, 38(13): 165-168
- [10] 金永久,金艳红,金莉,等.阴离子交换固相萃取高效液相色谱测定尿中 ttMA 和 SPMA[J].公共卫生与预防医学,2017, 28(1):127-129
- JIN Yong-jiu, JIN Yan-hong, JIN Li, et al. Determination of ttMA and SPMA in urine by high performance liquid chromatography with anion exchange solid phase extraction [J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2017, 28(1): 127-129
- [11] 李洋,葛顺楠,李楠,等.药物成瘾记忆再巩固过程中脑内 Zif268 的激活[J].中华神经医学杂志,2015,14(12):1256-1265
- LI Yang, GE Shun-nan, LI Nan, et al. Activation of brain Zif 268 in process of drug addictive memory reconsolidation [J]. Chinese Journal of Neurobiology, 2015, 14(12): 1256-1265
- [12] 艾华,常翠青.运动营养食品中营养成分和功能因子研究进展[J].食品科学技术学报,2017,35(3):16-24
- AI Hua, CHANG Cui-qing. Research progress on nutritional components and functional factors in sports nutrition food [J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 35(3): 16-24
- [13] Janda K D. Flagellin as carrier and adjuvant in cocaine vaccine development [J]. Molecular Pharmaceutics, 2015, 12(2): 653-662

(上接第 49 页)

- [15] CHEN Ji-cheng, TIAN Jing-jing, GE Hui-fang, et al. Effects of tetramethylpyrazine from Chinese black vinegar on antioxidant and hypolipidemia activities in HepG2 cells [J]. Food and Chemical Toxicology, 2017, 109(2): 930-940
- [16] 王子建,李浩,李登科,等.何首乌水提物及其主要成分对人肝细胞 LO2 中 CYP1A2、CYP2C9 和 CYP2E1 mRNA 表达的影响[J].中草药,2017,48(23):4912-4920
- WANG Zi-jian, LI Hao, LI Deng-ke, et al. Effects of aqueous extract of *Polygoni Multiflori Radix* and its main constituents on expression of mRNA of CYP1A2, CYP2C9, and CYP2E1 in human liver LO2 cells [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2017, 48(23): 4912-4920
- [17] 陈静,冯光远,李登科,等.藏药余甘子鞣质部位对人肿瘤细胞凋亡与周期的影响[J].中国药物警戒,2016,13(4):193-196
- CHEN Jing, FENG Guang-yuan, LI Deng-ke, et al. Effects of tannin part of tibetan medicine *Phyllanthi Fructus* on apoptosis and cell cycle of human tumor cells [J]. Chinese Journal of Pharmacovigilance, 2016, 13(4): 193-196
- [18] 郑鹏程,刘盼盼,王胜鹏,等.红砖茶的降血脂及抗氧化活性研究[J].现代食品科技,2017,34(6):51-56
- ZHENG Peng-cheng, LIU Pan-pan, WANG Sheng-peng, et al. Auxiliary hypolipidemic and antioxidative activity of hongzhuang tea [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 34(6): 51-56
- [19] 黄明辉,葛长杰,于淑娟.山茱萸中马钱苷和莫诺昔对 HepG2 细胞及其胰岛素抵抗模型的影响研究[J].现代食品科技,2017,33(4):13-18
- HUANG Ming-hui, GE Chang-jie, YU Shu-juan. Effects of loganin and morroniside extracted from *Cornus officinalis* on HepG2 cells and their insulin resistance model [J]. Modern Food Science and Technology, 2017, 33(4): 13-18