



引用格式:刘胜男,张国庆,王素方,等. 高效液相色谱法同时测定果蔬汁饮料中 20 种禁限用食品添加剂[J]. 轻工学报,2016,31(4):23-29.

中图分类号:TS255.7;O657.63 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.2096-1553.2016.4.003

文章编号:2096-1553(2016)04-0023-07

高效液相色谱法同时测定果蔬汁饮料中 20 种禁限用食品添加剂

Simultaneous determination of 20 restricted food additives in fruit and vegetable juice beverage by HPLC

刘胜男¹,张国庆¹,王素方²,郭保宝¹,权明珠¹,石志格¹
LIU Sheng-nan¹,ZHANG Guo-qing¹,WANG Su-fang²,GUO Bao-bao¹,
QUAN Ming-zhu¹,SHI Zhi-ge¹

1. 中华人民共和国三门峡出入境检验检疫局,河南 三门峡 472000;
2. 中华人民共和国河南出入境检验检疫局 检验检疫技术中心,河南 郑州 450003
1. *Sanmenxia Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau of P. R. China, Sanmenxia 472000, China;*
2. *Inspection & Quarantine Technology Centre, He'nan Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau of P. R. China, Zhengzhou 450003, China*

关键词:
高效液相色谱;食品
添加剂;果蔬汁饮料

Key words:
high performance liquid
chromatography (HPLC);
food additives; fruit and
vegetable juice beverage

摘要:研究了同时测定果蔬汁饮料中 20 种禁限用食品添加剂的高效液相色谱方法:采用甲醇-水提取样品中的添加剂,在 ZORBAX SB-C₁₈ 色谱柱上分离,以甲醇-乙酸铵为流动相进行梯度洗脱,采用二极管阵列检测器多波长分析,外标法定量。结果表明,20 种添加剂在 0.5~50.0 μg/mL 质量浓度范围内线性关系良好,相关系数大于 0.999 0,方法检出限范围 0.5~12.5 mg/kg,定量限范围 2.5~40.0 mg/kg,平均加标回收率范围 80.1%~100.9%,相对标准偏差 1.5%~4.9%。对 10 种市售果蔬汁饮料中添加剂含量测检结果表明,该方法操作简单、检测添加剂种类多、分离效果好、回收率和精密度均满足要求,适用于果蔬汁饮料中多种添加剂的同时检测。

收稿日期:2016-04-13

基金项目:国家质量监督检验检疫总局科技计划项目(2015IK114);河南省科技攻关计划项目(152102110025)

作者简介:刘胜男(1987—),女,河南省三门峡市人,三门峡出入境检验检疫局工程师,主要研究方向为色谱分析。

通信作者:王素方(1966—),女,湖南省湘潭市人,河南出入境检验检疫局高级工程师,博士,主要研究方向为色谱分析。

Abstract: A high performance liquid chromatography (HPLC) method was developed for simultaneous determination of 20 restricted food additives in fruit and vegetable juice beverage. The method was based on extraction with methanol mixed with water. The separation was achieved on a ZORBAX SB-C18 column by using methanol and NH₄Ac as mobile phase with the gradient eluent. Components were detected with a diode array detector (DAD). The quantification was performed by the external standard method. The results showed that the method exhibited an excellent linearity in the concentration range of 0.5 ~ 50.0 μg/mL with a correlation coefficient greater than 0.999 0 and a good repeatability with relative standard deviation of 1.5% ~ 4.9%. The limits of detection were between 0.5 mg/kg and 12.5 mg/kg, the limit of quantitation were between 2.5 mg/kg and 40.0 mg/kg, and average recoveries ranged from 80.1% to 100.9%. The test result of the additives content of ten types of fruit and vegetable juice beverage on the market showed that the present method was simple, and had good separation effect. Its recovery and accuracy could meet the requirements for the simultaneous determination additives in fruit and vegetable juice beverage.

0 引言

食品安全问题一直是社会关注的热点. 近年来,随着我国食品工业的快速发展,食品添加剂的超范围和超限量使用问题日益突出. 一些生产企业为延长产品的保质期,增加产品的口感和色泽,违规使用防腐剂、甜味剂和人工合成色素,更有不法厂商将禁止使用的添加剂用于食品加工. 尽管我国国家标准 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中已经明确规定了食品添加剂允许使用的范围和用量,但如果长期、大量食用含有食品添加剂的食物,同样会对健康造成损害. 例如,长期低剂量摄入偶氮类合成色素存在着使人致畸、致癌的可能性,会影响儿童智力发育^[1-3];长期摄入过量的防腐剂,可能会在一定程度上抑制人体的骨骼生长,危害肾脏、肝脏的健康;大量摄入甜味剂会干扰青少年从正常膳食中摄取营养,导致青少年营养不良,个别人产生厌食行为,对其身体发育产生负面影响等^[4]. 果蔬汁饮料中添加各种防腐剂、甜味剂和合成色素的现象非常普遍,且超范围、超限量使用的现象屡禁不止,更有不法商家利用食品添加剂及非法添加物勾兑“果蔬汁饮料”进行销售,给人们的身体健康带来巨大隐患. 因此,建立一种准确、高效

的果蔬汁饮料中禁限用食品添加剂的检测方法十分必要.

目前,国家标准对果蔬汁饮料中防腐剂、甜味剂、色素等添加剂的检测采用不同的前处理方法和仪器检测方法,耗时长且效率低. 近几年,有文献报道可采用高效液相色谱法(HPLC)同时定量检测食品中多种添加剂,但被检测的添加剂种类较少^[5-8]. 也有文献报道可采用紫外-可见分光光度法结合化学计量学方法筛查饮料中食品添加剂,但数据处理较为复杂^[9-10]. 为提高工作效率,节约成本,本文拟研究利用可变波长程序的 HPLC 法,以建立操作简便、快速、样品前处理简单、可同时测定果蔬汁饮料中 20 种禁限用食品添加剂的方法,以为食品安全监管部门提供技术支持.

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

主要材料与试剂:果蔬汁饮料,市售;甲醇(色谱纯),购自北京迪马科技有限公司;乙酸铵(分析纯),天津科密欧化学试剂公司产;安赛蜜、糖精钠、山梨酸、阿斯巴甜、对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯、诱惑红等标准物质,购自 Dr. Ehrenstorfer 公司;苯甲酸、柠檬黄、日落黄、胭脂红、苋菜红、亮蓝、赤藓红等标准物质,购自

中国计量科学研究院;新红标准物质,购自农业部环境保护科研监测所;碱性橙 II,碱性橙 21,碱性橙 22 等标准物质,购自上海安谱实验科技股份有限公司.

主要仪器:Agilent 1260 型高效液相色谱仪(配备二极管阵列检测器),美国安捷伦公司产;PL403-IC 型电子天平,德国梅特勒公司产;3-18K 型高速离心机,德国 Sigma 公司产;Milli-Q 型纯水系统,美国 Millipore 公司产.

1.2 标准曲线配制

将各种添加剂标准物质用甲醇和水(体积比 1:9)配制成浓度均为 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的混合标准储备液,4 $^{\circ}\text{C}$ 条件下可保存 1 个月;将混合标准储备液用甲醇和水(体积比 1:9)依次稀释成 0.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 1.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 5.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 10.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 20.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 50.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的系列标准溶液. 该溶液久置易浑浊,应于使用前配制.

1.3 样品前处理方法

称取 5 g(精确到 0.01 g)样品,置于 50 mL 刻度离心管中,加入 5 mL 甲醇,混匀,用超纯水定容至 25 mL,涡旋混合 2 min. 10 000 r/min 离心 10 min,上清液过 0.22 μm 滤膜后上机测试.

1.4 液相色谱条件

色谱柱:Agilent ZORBAX SB-C₁₈ 色谱柱(150 mm \times 4.6 mm, 5 μm);流动相:甲醇(A), 20 mmol/L 乙酸铵溶液(B),流动相梯度洗脱程序见表 1;流速 1.0 mL/min;柱温 30 $^{\circ}\text{C}$;进样量 10 μL ;20 种添加剂定量检测波长见表 2.

2 结果与讨论

2.1 检测波长的选择

在 20 种添加剂的国家标准检测方法中,推荐使用的检测波长分别为安赛蜜 214 nm,阿斯巴甜 208 nm,糖精钠、苯甲酸和山梨酸均为 230 nm,柠檬黄、新红、苋菜红、胭脂红、日落黄、亮兰均为 254 nm,诱惑红 500 nm,碱性橙 II 449 nm,碱性橙 21 和碱性橙 22 均为 485 nm,对羟基苯甲酸酯类 248 nm. 这是根据被检测化合

表 1 流动相梯度洗脱程序

Table 1 Mobile phase composition for linear gradient elution

时间/min	体积分数配比/%	
	A	B
0.0	5	95
10.0	20	80
18.0	60	40
25.0	60	40
26.0	80	20
36.0	80	20
36.1	5	95
40.0	5	95

表 2 20 种添加剂定量检测波长

Table 2 Quantitative wavelengths of 20 kinds of additives

序号	添加剂名称	检测波长/nm
1	安赛蜜	230
2	苯甲酸	230
3	柠檬黄	420
4	新红	515
5	糖精钠	230
6	山梨酸	230
7	苋菜红	515
8	胭脂红	515
9	日落黄	515
10	诱惑红	230
11	阿斯巴甜	218
12	亮兰	630
13	对羟基苯甲酸甲酯	248
14	对羟基苯甲酸乙酯	248
15	赤藓红	515
16	碱性橙 II	420
17	对羟基苯甲酸丙酯	248
18	对羟基苯甲酸丁酯	248
19	碱性橙 21	490
20	碱性橙 22	490

物最大吸收波长的差异而作出的调整. 例如,按照国家标准规定的检测波长进行检测,合成色素在 254 nm 下同时测定时干扰物多,检测灵敏度低. 通过二极管阵列检测器在 190 ~ 650 nm 范围内对各组分标准溶液进行全扫描,确定各组分光谱图,发现 20 种化合物最大吸收波长不

同,故在国家标准检测波长的基础上,选择了推荐使用的检测波长. 目标化合物在特征波长条件下进行检测,可以减少杂质干扰,提高灵敏度,使定量结果更准确. 因此,选择各化合物的最大吸收波长作为检测波长,即得表2数据.

此外,饮料中还可能存在其他常见食品添加剂(如抗坏血酸、柠檬酸等),亦可能对目标化合物检测产生干扰. 经试验研究,抗坏血酸和柠檬酸出峰时间靠前,在3 min附近,且在210 nm下有最强吸收,在230 nm下吸收非常弱;常见甜味剂甜蜜素需要经过衍生才有紫外吸收. 因此,将最大吸收波长作为检测波长,可避免其他添加剂的干扰,使检测结果准确可靠.

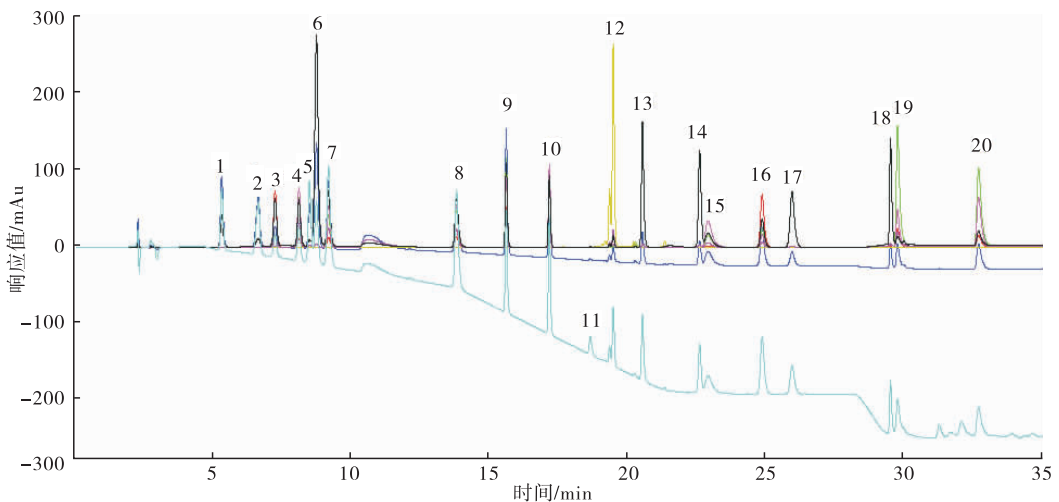
2.2 流动相的选择和优化

由于乙酸铵水溶性好且不易在色谱柱上残留,因此采用甲醇-乙酸铵体系作为流动相,以梯度洗脱的方式考察20种添加剂的分离效果. 20种添加剂的极性相差较大,甲醇在流动相中所占比例对化合物保留时间有较大影响. 研究发现,安赛蜜、苯甲酸、山梨酸、糖精钠出峰较早. 当甲醇初始占比大于10%(体积比)时,安

赛蜜与苯甲酸无法分离;当甲醇初始占比为5%(体积比)时,安赛蜜、苯甲酸等出峰较早的5个化合物分离效果较好. 各种色素与 C_{18} 色谱柱固定相作用较强、保留时间较长,需要提高甲醇的比例,才能将其洗脱下来,因此逐步提高甲醇的比例,才能将其洗脱下来,因此逐步提高甲醇占比至80%(体积比),才能使余下的化合物被逐一洗脱. 经试验,在表1所示梯度洗脱程序下,在40 min内完成了20种化合物的分离. 标准溶液色谱图见图1.

2.3 样品前处理方法优化

果蔬汁饮料中添加的多为水溶性食品添加剂. 试验中发现,用纯水作为提取液时,3种碱性橙染料和4种对羟基苯甲酸酯类防腐剂回收率低,为40%~70%. 当在提取液中加入一定比例甲醇时,回收率明显提高,因此分别考察甲醇占比(体积比)为10%,20%,30%时的提取效率. 研究发现,当提取液中甲醇占比为20%(体积比)时,提取较完全,能够得到理想的加标回收率;当甲醇占比为30%(体积比)时,提取效果改善不明显. 因此,提取时选择在纯水中加入20%(体积比)的甲醇,以提升对碱性橙染



1. 安赛蜜 2. 苯甲酸 3. 柠檬黄 4. 新红 5. 糖精钠 6. 山梨酸 7. 苋菜红 8. 胭脂红 9. 日落黄
10. 诱惑红 11. 阿斯巴甜 12. 亮兰 13. 对羟基苯甲酸甲酯 14. 对羟基苯甲酸乙酯 15. 赤藓红
16. 碱性橙 II 17. 对羟基苯甲酸丙酯 18. 对羟基苯甲酸丁酯 19. 碱性橙 20. 碱性橙 21. 碱性橙 22. 碱性橙

图1 标准溶液色谱图

Fig. 1 Chromatograms of standard solution

料和羟基苯甲酸酯类的提取效果。

试验中发现,微孔滤膜对色素有一定吸附作用,对回收率有影响.采用聚醚砜膜进行过滤时,发现滤膜对部分色素有一定程度的吸附,其中对赤藓红的吸附较强,这与文献[11]报道结果一致.因此,试验采取弃去前3 mL滤液的方式,待滤膜饱和后,收集第4 mL滤液进行测试,以避免出现滤膜对色素吸附导致回收率低的问题。

2.4 分析方法线性范围及检出限测定

将标准储备液逐级稀释为0.5 ~ 50.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 标准工作液,用所建立的分析方法进行测定,采用外标法定量.以峰面积为纵坐标、各组分浓度为横坐标绘制工作曲线,以3倍信噪比确定方法检出限(LOD),10倍信噪比确定方法定量限(LOQ).线性范围、线性方程、相关系数、检出限及定量限结果见表3.由表3可知,20种添加剂在0.5 ~ 50.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 范围内线性关系良好,相关系数大于0.999 0,检出限范

围0.5 ~ 12.5 mg/kg ,定量限范围2.5 ~ 40.0 mg/kg .

2.5 回收率与精密度试验

选取经检测不含有待测组分的果蔬汁饮料样品,按照前述试验方法及条件进行加标回收率和精密度试验.加标浓度分别选择定量限、2倍定量限、10倍定量限三个水平,每个水平取6份样品进行试验,计算平均回收率和相对标准偏差(RSD).样品中20种添加剂的平均回收率和 RSD 见表4.由表4可知,20种添加剂的平均回收率为80.1% ~ 100.9%,相对标准偏差为1.5% ~ 4.9%.

2.6 方法应用

应用本方法对市售10种果蔬汁饮料进行测定,筛查添加剂使用情况,结果见表5.结果显示,10种市售果蔬汁饮料中均未检测出非法添加物碱性橙染料,其中3种检测出安赛蜜,2种检测出苯甲酸,5种检测出柠檬黄,2种检测

表3 20种添加剂的线性范围、线性方程、相关系数、检出限及定量限

Table 3 Linear range, regression equations, correlation coefficient, LOD and LOQ for 20 additives

序号	添加剂名称	线性范围 / $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	线性方程	相关系数	检出限 / $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	定量限 / $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$
1	安赛蜜	0.5 ~ 50.0	$y = 29.97x + 8.496$	0.999 8	0.5	2.5
2	苯甲酸	0.5 ~ 50.0	$y = 32.87x + 7.445$	0.999 4	0.5	2.5
3	柠檬黄	0.5 ~ 50.0	$y = 30.55x + 4.811$	0.999 6	0.5	2.5
4	新红	0.5 ~ 50.0	$y = 30.40x + 6.920$	0.999 6	0.5	2.5
5	糖精钠	0.5 ~ 50.0	$y = 19.52x + 1.591$	0.999 5	0.5	2.5
6	山梨酸	0.5 ~ 50.0	$y = 62.85x + 13.290$	0.999 2	0.5	2.5
7	苋菜红	0.5 ~ 50.0	$y = 24.08x + 3.328$	0.999 5	0.5	2.5
8	胭脂红	0.5 ~ 50.0	$y = 24.56x + 2.737$	0.999 5	0.5	2.5
9	日落黄	0.5 ~ 50.0	$y = 23.41x + 3.574$	0.999 7	0.5	2.5
10	诱惑红	0.5 ~ 50.0	$y = 29.41x + 4.450$	0.999 5	0.5	2.5
11	阿斯巴甜	2.5 ~ 50.0	$y = 7.94x - 1.500$	0.999 4	12.5	40.0
12	亮兰	0.5 ~ 50.0	$y = 29.41x + 4.450$	0.999 4	0.5	2.5
13	对羟基苯甲酸甲酯	0.5 ~ 50.0	$y = 48.48x + 9.247$	0.999 6	0.5	2.5
14	对羟基苯甲酸乙酯	0.5 ~ 50.0	$y = 45.46x + 7.882$	0.999 1	0.5	2.5
15	赤藓红	0.5 ~ 50.0	$y = 29.12x - 3.635$	0.999 3	0.5	2.5
16	碱性橙 II	0.5 ~ 50.0	$y = 35.79x - 4.088$	0.999 3	0.5	2.5
17	对羟基苯甲酸丙酯	0.5 ~ 50.0	$y = 41.58x + 6.940$	0.999 8	0.5	2.5
18	对羟基苯甲酸丁酯	0.5 ~ 50.0	$y = 41.63x - 7.918$	0.999 6	0.5	2.5
19	碱性橙 21	0.5 ~ 50.0	$y = 72.94x - 21.190$	0.999 5	0.5	2.5
20	碱性橙 22	0.5 ~ 50.0	$y = 64.06x - 39.200$	0.999 1	0.5	2.5

表4 样品中20种添加剂的平均回收率与RSD

Table 4 Average recoveries and RSD of 20 additives in fruit and vegetable juice beverage ($n=6$)

序号	添加剂名称	添加量 /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	平均回 收率/%	RSD/%	序号	添加剂名称	添加量 /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	平均回 收率/%	RSD/%
1	安赛蜜	5.0	94.2	3.1	11	阿斯巴甜	80.0	92.3	3.3
2	苯甲酸	5.0	85.3	3.6	12	亮兰	5.0	88.5	3.2
3	柠檬黄	5.0	94.0	4.1	13	对羟基苯甲酸甲酯	5.0	89.3	3.5
4	新红	5.0	94.4	1.9	14	对羟基苯甲酸乙酯	5.0	90.3	3.4
5	糖精钠	5.0	100.9	3.6	15	赤藓红	5.0	80.4	2.7
6	山梨酸	5.0	88.4	3.7	16	碱性橙 II	5.0	87.6	3.5
7	苋菜红	5.0	80.2	4.2	17	对羟基苯甲酸丙酯	5.0	85.2	4.2
8	胭脂红	5.0	87.4	2.2	18	对羟基苯甲酸丁酯	5.0	83.8	3.6
9	日落黄	5.0	89.0	3.6	19	碱性橙 21	5.0	82.1	3.1
10	诱惑红	5.0	87.5	2.3	20	碱性橙 22	5.0	81.8	2.5

表5 样品检验结果

Table 5 The results of samples

 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$

添加剂 名称	样品序号									
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]
安赛蜜	ND	52.9	ND	20.9	ND	ND	78.4	ND	ND	ND
苯甲酸	ND	ND	100.7	ND	ND	ND	ND	78.1	ND	ND
柠檬黄	ND	10.4	21.8	ND	ND	ND	5.8	15.8	ND	16.7
新红	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
糖精钠	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	20.8	ND	14.8
山梨酸	ND	150.6	41.5	60.9	ND	90.8	64.7	45.3	ND	67.1
苋菜红	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
胭脂红	ND	3.1	5.7	ND	ND	ND	3.9	ND	ND	4.2
日落黄	ND	14.3	ND	10.4	ND	17.9	ND	13.5	ND	11.3
诱惑红	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
阿斯巴甜	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
亮兰	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
对羟基苯甲酸甲酯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
对羟基苯甲酸乙酯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
赤藓红	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
碱性橙 II	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
对羟基苯甲酸丙酯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
对羟基苯甲酸丁酯	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
碱性橙 21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
碱性橙 22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

注:ND表示未检出。

出糖精钠,7种检测出山梨酸,4种检测出胭脂红,5种检测出日落黄.由此可见,果蔬汁饮料中添加合成色素、防腐剂、甜味剂现象较为常见,但均未超过GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中规定的使用范

围和用量.

3 结论

本文使用HPLC法同时检测10种市售果蔬汁饮料中20种禁限用食品添加剂含量,结果

表明,该方法与国家标准规定的方法相比,操作简单、检测添加剂种类多、分离效果好、回收率和精密度均满足要求,适用于果蔬汁饮料中多种添加剂的同时检测,能够提高效率,节约成本,可为食品安全监督抽检工作提供技术支持。

参考文献:

- [1] 薛虎寅,尹永梅,张太昌,等. 偶氮类合成色素检测技术的研究进展[J]. 生物技术进展, 2012,2(3):171.
- [2] AMIN K, HAMEID H, ABD E A. Effect of food azo dyes tartrazine and carmoisine on biochemical parameters related to renal, hepatic function and oxidative stress biomarkers in young male rats[J]. Food Chem Toxicol, 2010, 48:2994.
- [3] NEERA M V, MEENAL M, RICHA K J. Effect of sunset yellow on testis in rats[J]. Ecophysiol Health, 2005(5):1.
- [4] 汪辉,曹小彦,李林,等. 反相高效液相色谱法对果蔬汁饮料中14种常见食品添加剂的快速测定[J]. 分析测试学报, 2009,28(10):1194.
- [5] 咸瑞卿,王小兵,李启艳,等. 固相萃取-高效

液相色谱-二极管阵列检测法同时测定饮料中10种合成着色剂[J]. 现代食品科技, 2013,29(6):1413.

- [6] 陈沛金,张毅,肖锋,等. 高效液相色谱法测定糖果、蜜饯和饮料中19种食品添加剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2014,5(11):3487.
- [7] 王宏亮,陈盼盼,何计龙,等. 高效液相配备DAD同时鉴别并测定饮料中的甜味剂、防腐剂和色素[J]. 食品工业, 2015,36(7):285.
- [8] 吕梦莎,林能鏢,梁玉英,等. 高效液相色谱法同时测定葡萄酒中16种添加剂[J]. 食品科学, 2016,37(08):222.
- [9] 王国庆,弓丽华,王素方,等. 基于改进标准加入法的碳酸饮料中多种色素含量的同时测定[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2014, 42(1):67.
- [10] 王素方,刘云,弓丽华,等. 基于改进标准加入法的碳酸饮料中多种防腐剂和甜味剂高通量筛查分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2016,36(2):482.
- [11] 吴彦蕾,林晓洋,胡靖,等. 高效液相色谱法快速检测食品中18种合成色素[J]. 食品工业科技, 2013,34(24):49.