

超高效液相色谱法同时测定饮料中 20种食品添加剂

林腾奕, 陈思敏, 梁旭霞*, 蔡海华, 刘嘉飞, 梁培荣, 汪玉玲, 陈星蓉

(广东省食品检验所(广东省酒类检测中心), 广州 510435)

摘要: 目的 建立超高效液相色谱法同时检测饮料中的 20 种食品添加剂的分析方法。**方法** 使用 waters XBridge C₁₈(5 μm, 4.6 mm×250 mm)色谱柱, 用 0.01 mol/L 磷酸二氢钾(pH 4.8-5.0)和乙腈为流动相进行梯度洗脱, 在 35 °C柱温, 1.0 mL/min 流速下, 采用光电二极管阵列(photo-diode array, PDA)检测器在 210、230 nm 波长处进行检测, 外标法定量, 15 min 内可实现 20 种食品添加剂的分离。**结果** 20 种添加剂均具有良好线性, 相关系数均大于 0.999, 检出限 0.3~10 mg/kg, 平均回收率为 81.50%~110.20%, 相对标准偏差小于 5% (n=8)。

结论 该方法灵敏、准确, 适用于饮料中 20 种添加剂的同时检测。

关键词: 食品添加剂; 超高效液相色谱法; 饮料; 同时检测; 非法添加

Simultaneous determination of 20 food additives in beverages by ultra performance liquid chromatography

LIN Teng-Yi, CHEN Si-Ming, LIANG Xu-Xia*, CAI Hai-Hua, LIU Jia-Fei, LIANG Pei-Rong, WANG Yu-Ling, CHEN Xing-Rong

(Guangdong Institute for Food Inspection (guangdong provincial wine testing center), Guangzhou 510435, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for the simultaneous determination of 20 kinds of additives in beverages by ultra performance liquid chromatography. **Methods** The separation was achieved on a XBridge C₁₈ column(5 μm, 4.6 mm×250 mm)in 15 min by using 0.01 mol/L KH₂PO₄(pH 4.8–5.0 and acetonitrile as mobile phase with a flow rate of 1.0 mL/min at 35 °C. A diode array detector was used to detect at 210, 230 nm. The quantification was performed by the external standard method. **Results** All the 20 additives had good linearity, and the correlation coefficients were all greater than 0.999. The limits of detection were 0.3–10 mg/kg, average recovery rates were 81.50%–110.20%, and RSDs were less than 5% (n=8). **Conclusion** This method is sensitive and accurate and is suitable for simultaneous detection of 20 kinds of additives in beverages.

KEY WORDS: food additive; ultra performance liquid chromatography; beverage; simultaneous determination; illegal additive

基金项目: 广东省食品药品监督管理局科技创新项目(2018TDZ06)

Fund: Supported by Guangdong Provincial Food and Drug Administration, Science and Technology Innovation Project (2018TDZ06)

*通讯作者: 梁旭霞, 博士, 主任技师, 主要研究方向为食品理化检测与食品安全。E-mail: liangxuxia@126.com

*Corresponding author: LIANG Xu-Xia, Ph.D, Chief Technician, Guangdong Institute of Food Inspection, No.1103 Zengcha Road, Baiyun District, Guangzhou 510410, China. E-mail: liangxuxia@126.com

1 引言

近年来,公众谈食品添加剂色变,主要的原因是混淆了食品添加剂和非法添加物的概念,食品添加剂是指为改善食品品质和色、香、味以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的化学合成或者天然物质^[1]。但有许多添加剂对人体具有一定的危害,比如大多数色素只能改善食品的外观,不被人体所吸收,通过肝脏或肾脏代谢后排出体外,无形中增加肝肾的负担。现在个别商家,为了追求利润,在饮料中超限量、超范围使用食品添加剂,使其色彩斑斓,口感均衡和保质期久,而人们如过量摄入色素,对其神经系统、消化系统会造成损害。超标食用防腐剂会抑制骨骼生长,危害肾脏、肝脏的健康。大量摄入增甜剂易引发癫痫、头疼、智力下降等健康问题^[2]。另外,阿斯巴甜在人体胃肠道酶作用下可分解产生苯丙氨酸,不适用于苯丙酮酸尿患者摄入^[3]。

甜菊糖苷、纽甜、阿斯巴甜、安赛蜜、糖精钠、苯甲酸、山梨酸、脱氢乙酸、酸性红、诱惑红、胭脂红、苋菜红、日落黄、柠檬黄、亮蓝、咖啡因、对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯和对羟基苯甲酸丁酯是GB 2760-2014《食品添加剂使用标准》^[4]中可以在食品中限量使用的20种添加剂。目前这些添加剂的国家标准只能测定单个或几个项目,对同一样品中不同组分的检测需经过多次前处理及进样分析^[5-8],耗时费力,效率低,当发生食品安全问题时,不能及时提供相应的技术支持,无法满足当前的检测需求。另外,食品中有时单个项目检测结果是不超过其最大使用量的,但同一功能的食品添加剂(相同色泽着色剂、防腐剂、抗氧化剂)在混合使用时,各自用量占其最大使用量的比例之和会超过1,不符合GB 2760-2014的要求,说明同时检测多种食品添加剂更容易反应出样品的问题。超高效液相色谱仪(ultra performance liquid chromatography, UPLC),拥有最佳的系统扩散性和稳定性,可将色谱柱效能最大化,提高效率同时降低检测成本。鉴于此,本研究用UPLC建立一种可以同时测定饮料中20种食品添加剂的超高效液相色谱分析方法,提高检测效率并降低检测成本,以期食品质量监管提供技术支持,提高社会效益和经济效益。

2 材料与方 法

2.1 仪器与设备

ACQUITY Arc UHPLC,超高效液相色谱仪配PDA检测器、C₁₈色谱柱(XBridge, 5 μm, 4.6 mm×250 mm, 美国Waters公司); Milli-Q超纯水纯化系统(美国Millipore公司); METTLER TOLEDO分析天平[博特勒-托利多仪

器(上海)有限公司]; SB 25-12 DTDN超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司); IKA旋涡混均器(广州)仪器设备有限公司]; ST8离心机[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; 0.22 μm尼龙滤膜(天津市津腾实验设备有限公司)。

2.2 材料与试剂

安赛蜜、糖精钠、苯甲酸和山梨酸、酸性红、胭脂红、苋菜红、日落黄、柠檬黄、亮蓝(中国计量科学研究院); 咖啡因(中国食品药品检定研究院); 脱氢乙酸(cato research chemicals inc)、诱惑红、甜菊糖苷、纽甜、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(stanford chemicals)、磷酸二氢钾(色谱纯,上海麦克林生化科技有限公司); 甲醇、乙腈(色谱纯,德国Merck公司); 实验用水均来自Milli-Q纯水系统。

2.3 实验方法

2.3.1 标准溶液的制备

准确称取适量固体标准品于50 mL容量瓶中,其中咖啡因、阿斯巴甜、纽甜、酸性红、胭脂红、苋菜红、甜菊糖苷、脱氢乙酸、对羟基苯甲酸甲酯、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯和对羟基苯甲酸丁酯配成1.0 g/L的标准储备液,亮蓝、日落黄、胭脂红、柠檬黄配成0.5 g/L的标准储备液。吸取适量的标准储备液及其他购买的成品标准储备液(安赛蜜、苯甲酸、山梨酸、糖精钠),用水定容成混合标准溶液,使用时用水逐级稀释成系列标准溶液。

2.3.2 样品前处理

(1) 碳酸饮料、茶饮料

准确称取2.5 g(精确至0.001 g)试样于50 mL带盖离心管中,加水约20 mL,涡旋混匀,超声20 min,取出转移至25 mL容量瓶中并定容至刻度,混匀。取适量上清液过0.22 μm滤膜,待液相色谱测定。

(2) 含乳饮料、果蔬汁饮料

准确称取约2.5 g(精确到0.001 g)试样于50 mL具塞离心管中,加水约20 mL,涡旋混匀,于50 °C水浴超声20 min,冷却至室温后加亚铁氰化钾溶液(106 g/L)2 mL和乙酸锌溶液(220 g/L)2 mL,取出转移至25 mL容量瓶中并定容至刻度,混匀,于8000 r/min离心5 min。取适量上清液过0.22 μm滤膜,待液相色谱测定。

2.3.3 色谱条件

色谱柱: C₁₈色谱柱(XBridge, 5 μm, 4.6 mm×250 mm); 流动相: C为0.01 mol/L磷酸二氢钾水溶液, D为乙腈; 进样体积: 5 μL; 柱温35 °C; 流速1.0 mL/min, 选择路径二, 超高效液相(ultra pressure liquid chromatography, UPLC)。梯度洗脱程序见表1。

3 结果与分析

3.1 色谱条件的优化

3.1.1 色谱柱的选择

目前食品添加剂的分析主要采用 C₁₈ 色谱柱^[9-11]。本实验考察了 waters XBridge C₁₈(5 μm, 4.6 mm×250 mm)和 Symmetry Shield RP18(5 μm, 4.6 mm×250 mm)对目标化合物的分离效果。结果表明,在 SymmetryShield RP18 分析柱上,难以获得合适的条件,将咖啡因和胭脂红色谱峰分离,且运行时间较长,无法满足快速检测需求。XBridge C₁₈ 色谱柱所得峰形尖锐且对称,柱效高且分离度好,15 min 内完成所有的目标物分离,可满足快速检测需求。因此选择 waters XBridge C₁₈(5 μm, 4.6 mm×250 mm)色谱柱进行检测。

表 1 梯度洗脱程序表
Table 1 Gradient elution schedule

时间/min	体积分数配比/%		梯度曲线
	C	D	
0.00	97.5	2.5	线性
3.00	70.0	30.0	线性
6.00	60.0	40.0	线性
8.00	50.0	50.0	线性
11.00	30.0	70.0	线性
13.00	97.5	2.5	线性
15.00	97.5	2.5	线性

3.1.2 流动相的选择与优化

食品添加剂中缓冲盐常用的是磷酸二氢钾溶液和乙酸铵溶液^[12,13]。经过实验,采用磷酸二氢钾缓冲盐体系分离目标物的峰形最好。甲醇在低波长下有紫外吸收,会降低分析方法的灵敏度,而乙腈的截止波长在 190~195 nm,比甲醇低 20 nm^[14],并且甜菊糖苷的最大吸收波长为 210。故选择磷酸二氢钾溶液-乙腈作为流动相体系。由于 20 种化合物的极性相差较大,所以采用梯度洗脱进行分离。

在确定实验色谱条件之后选择 0.01 和 0.02 mol/L 的磷酸二氢钾溶液进行实验,经过综合对比分析发现 0.01 mol/L 的磷酸二氢钾溶液不仅能满足分析需求,还能实现基线分离。

3.1.3 柱温的选择

考察了柱温为 30、35 和 40 °C 时对各组分的分离效果。实验发现随着柱温的变化,各组分的保留时间没有产生太大的变化。当柱温为 30 °C 时,酸性红和亮蓝,胭脂红和日落黄出现部分重叠;40 °C 时阿斯巴甜和酸性红,甜菊糖苷

和纽甜不能完全分离。柱温为 35 °C 时各组分的峰形尖锐且分离度较好,故选择最佳柱温为 35 °C。

3.1.4 检测波长

采用 PDA 检测器,在 190~700 nm 范围内对 20 种化合物的吸收波长进行全扫描,根据 20 种组分主要吸收波长的分布特点和分离效果,选择 210、230 nm 作为检测波长。各组分以 2 种波长中有最大吸光度的波长为定量波长,其中阿斯巴甜、甜菊糖苷、纽甜的定量波长为 210 nm,柠檬黄、苋菜红、安赛蜜、胭脂红、日落黄、诱惑红、咖啡因、酸性红、亮蓝、苯甲酸、山梨酸、对羟基苯甲酸甲酯、脱氢乙酸、对羟基苯甲酸乙酯、对羟基苯甲酸丙酯、对羟基苯甲酸丁酯的定量波长为 230 nm。

3.1.5 干扰实验

在相同实验条件下,饮料中可能存在的其他常见食品添加剂有酒石酸、苹果酸、丁二酸和柠檬酸,出峰比较早或不出峰,甜蜜素(环己基氨基磺酸钠)需要经过衍生才有紫外吸收,最大吸收波长为 315 nm^[15],所以不干扰测定。

以优化的色谱条件对目标物进行液相色谱分离,实验表明,20 种目标物可获得完全的基线分离,在 15 min 内可获得最优色谱分离效果,见图 1。

3.2 方法的线性范围与检出限

取 20 种组分的混合标准溶液,按本方法进行分析,以峰面积 Y 对标样的质量浓度 X 进行线性回归,得到各化合物的线性回归方程。以 3 倍信噪比计算方法检出限,结果见表 2。从表 2 可看出,各组分呈良好线性关系,相关系数均大于 0.999,检出限为 0.3~10 mg/kg。

3.3 方法的准确度与精密度

选取果蔬汁饮料、碳酸饮料、乳饮料和茶饮料 4 种空白基质样品,称样后加入 3 个水平的标准溶液,分别做 8 个平行,同时做 2 个空白平行,扣除空白后,计算回收率和相对标准偏差(relative standard deviation, RSD),结果见表 3。实验结果表明,各组分平均回收率在 81.50%~110.20%,相对标准偏差均小于 5%。方法的精密度和准确度能满足实际样品检测分析的要求,具有较强的可靠性。

4 结论

本研究用超高效液相色谱技术建立多波长同时检测碳酸饮料、果蔬汁饮料、茶饮料和乳饮料中 20 种食品添加剂的分析方法,所有化合物可在 15 min 内实现快速分离检测。经实验验证该方法快捷、准确,重现性好,可用于碳酸饮料、果蔬汁饮料、茶饮料和乳饮料中 20 种食品添加剂的高通量检测需求,在很大程度上提高了工作效率,节约了劳动成本,为食品安全提供了一种有效的检测手段。

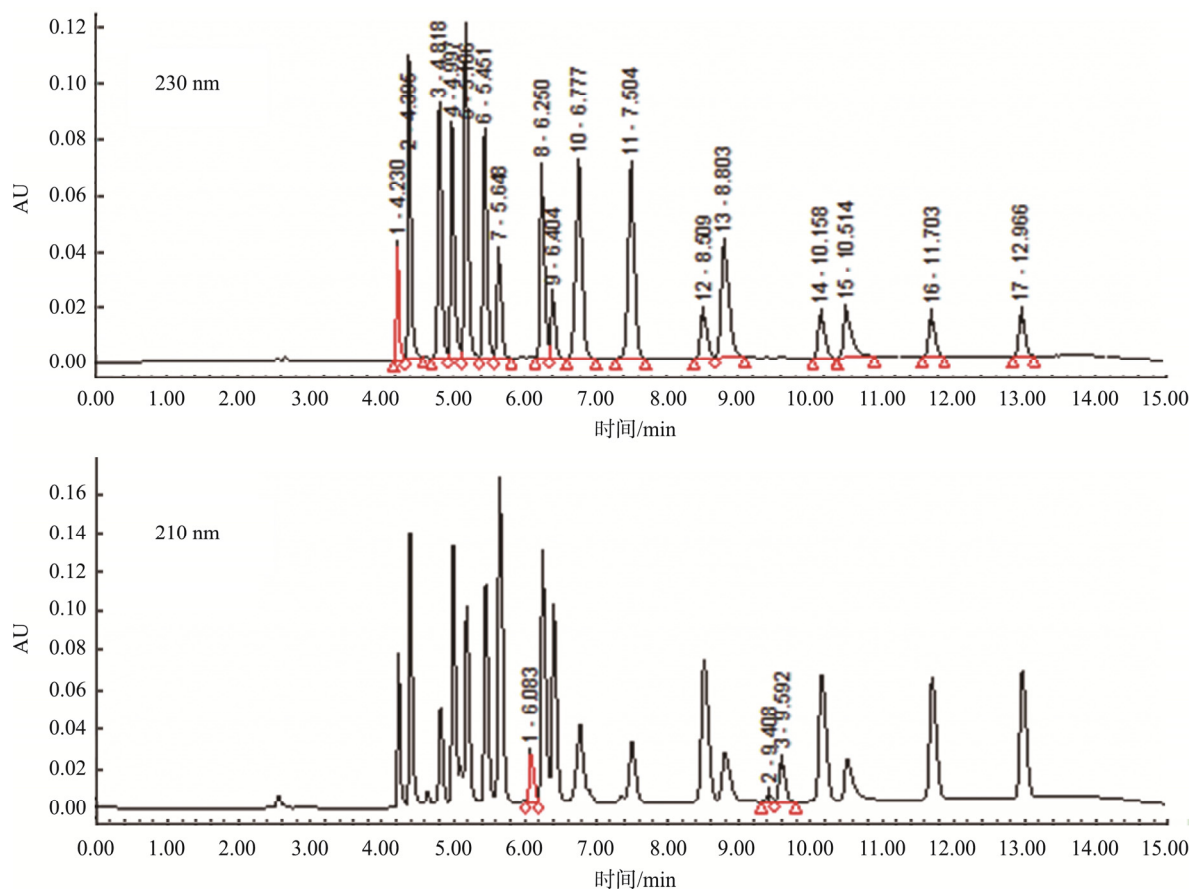


图 1 标准溶液的色谱图

Fig.1 Chromatograms of standard solution

表 2 20 种添加剂的回归参数与检出限

Table 2 Regression paramters and detection limits of 20 food additives

序号	化合物	保留时间/min	线性范围/(mg/L)	线性方程	相关系数(r)	检出限/(mg/L)
1	柠檬黄(tartrazine)	4.23	1.0~40.0	$Y=5.90e+3X-2.22e+3$	0.9995	1.0
2	苋菜红(amaranth)	4.39	1.0~40.0	$Y=1.67e+4X-6.92e+3$	0.9998	0.3
3	安赛蜜(acesulfame potassium)	4.82	1.0~40.0	$Y=1.82e+4X-6.22e+3$	0.9995	0.3
4	胭脂红(ponceau 4R)	5.00	1.0~40.0	$Y=1.65e+4X-8.06e+3$	0.9995	0.5
5	日落黄(sunset yellow)	5.18	1.0~40.0	$Y=2.35e+4X-5.29e+3$	0.9998	0.3
6	诱惑红(allura red AC)	5.45	1.0~40.0	$Y=1.67e+4X-4.09e+3$	0.9998	0.3
7	咖啡因(caffein)	5.65	1.0~40.0	$Y=8.43e+3X-1.85e+3$	0.9999	1.0
8	阿斯巴甜(aspartame)	6.08	1.0~40.0	$Y=5.23e+3X-3.93e+3$	0.9997	3.0
9	酸性红(azorubin(E122))	6.24	1.0~40.0	$Y=1.50e+4X-3.68e+3$	0.9998	0.4
10	亮蓝(brilliant blue)	6.40	1.0~40.0	$Y=4.98e+3X-1.29e+3$	0.9999	1.5
11	苯甲酸(benzoic acid)	6.74	1.0~40.0	$Y=2.21e+4X-7.05e+3$	0.9999	0.5
12	山梨酸(aorbic acid)	7.48	1.0~40.0	$Y=2.13e+4X-3.89e+3$	0.9999	0.4
13	对羟基苯甲酸甲酯 (methyl p-hydroxybenzoate)	8.51	1.0~40.0	$Y=5.63e+3X+6.17e+2$	0.9998	1.5
14	脱氢乙酸(dehydroacetic acid)	8.80	1.0~40.0	$Y=1.72e+4X-1.85e+4$	0.9996	2.0

续表 2

序号	化合物	保留时间/min	线性范围/(mg/L)	线性方程	相关系数(<i>r</i>)	检出限/(mg/L)
15	甜菊糖苷(stevioside)	9.41	1.0~40.0	$Y=1.13e+3X-4.78e+3$	0.9997	10.0
16	纽甜(neotame)	9.59	1.0~40.0	$Y=6.22e+3X+2.24e+2$	0.9999	3.0
17	对羟基苯甲酸乙酯 (ethyl p-hydroxybenzoate)	10.15	1.0~40.0	$Y=5.35e+3X-1.07e+3$	0.9999	2.0
18	赤藓红(erythrosine)	10.52	1.0~40.0	$Y=7.37e+3X-6.14e+3$	0.9997	3.0
19	对羟基苯甲酸丙酯 (propyl p-hydroxybenzoate)	11.70	1.0~40.0	$Y=4.73e+3X-1.33e+3$	0.9999	2.0
20	对羟基苯甲酸丁酯 (butyl p-hydroxybenzoate)	12.96	1.0~40.0	$Y=4.76e+3X-1.91e+3$	0.9999	2.0

表 3 样品中 20 种添加剂的回收率和精密度($n=8$)
Table 3 Recoveries and accuracy of 20 additives in samples ($n=8$)

名称	添加浓度 (mg/kg)	茶饮料		果蔬汁饮料		碳酸饮料		乳饮料	
		回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
柠檬黄(tartrazine)	5	99.82	4.1	94.28	1.8	97.30	1.6	102.04	2.1
	10	104.92	2.9	89.94	1.0	95.52	1.3	100.07	0.8
	20	102.33	3.9	95.36	1.6	100.18	2.1	105.49	1.1
苋菜红(amaranth)	5	95.80	2.2	101.22	2.3	99.20	1.8	105.82	1.4
	10	101.15	0.9	106.37	1.3	97.14	1.0	105.96	0.8
	20	102.40	3.7	102.22	1.1	101.47	1.3	104.62	1.9
安赛蜜(acesulfame potassium)	5	95.02	1.8	89.12	0.7	101.80	1.7	103.42	0.4
	10	106.08	0.9	81.50	0.4	99.47	0.9	97.73	0.2
	20	101.99	3.8	83.05	0.5	103.45	1.0	103.16	0.6
胭脂红(ponceau 4R)	5	93.82	0.8	103.58	1.9	101.76	0.8	104.60	0.7
	10	104.85	0.8	100.05	1.3	99.46	1.1	100.53	0.5
日落黄(sunset yellow)	20	102.55	3.4	103.04	1.7	103.67	1.2	104.81	1.3
	5	92.00	0.5	95.52	1.4	110.20	0.6	105.46	1.4
	10	102.59	1.0	93.93	1.1	103.27	0.9	104.55	0.4
诱惑红(allura red AC)	20	101.98	2.7	97.77	1.5	103.78	1.2	104.62	1.1
	5	91.92	0.5	97.50	1.9	98.86	0.5	99.56	2.5
	10	105.17	1.9	96.28	1.4	98.53	1.1	97.54	0.4
咖啡因(caffeine)	20	102.93	2.6	100.62	1.9	102.56	1.3	101.94	1.2
	5	101.30	2.9	98.34	1.3	91.28	0.4	98.42	3.6
	10	105.79	1.4	96.75	0.7	88.43	0.4	103.54	0.2
阿斯巴甜(aspartame)	20	105.36	2.5	101.25	1.1	90.02	0.4	103.90	0.6
	5	89.28	1.2	104.00	1.3	99.26	2.0	100.68	3.3
	10	105.79	2.8	105.71	1.3	105.67	4.5	99.67	0.8
	20	92.54	1.8	102.72	1.3	99.93	1.8	99.98	1.1

续表 3

名称	添加浓度 (mg/kg)	茶饮料		果蔬汁饮料		碳酸饮料		乳饮料	
		回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
酸性红 (azorubin(E122))	5	101.46	0.5	95.74	1.7	97.74	0.7	98.94	0.2
	10	97.78	1.8	94.69	1.3	95.31	0.7	96.82	0.4
	20	101.88	1.6	100.36	1.8	99.62	1.2	101.49	1.2
亮蓝 (brilliant blue)	5	95.20	1.8	94.30	2.2	100.56	2.9	99.74	0.7
	10	98.48	2.7	92.87	1.8	96.43	0.5	96.16	0.5
	20	104.55	3.2	99.26	2.3	98.69	1.5	98.78	1.2
苯甲酸 (benzoic acid)	5	95.94	0.7	98.98	0.9	97.46	0.9	99.226	0.4
	10	93.87	1.7	95.51	0.6	96.57	0.6	95.90	0.1
	20	100.14	0.9	101.86	0.8	100.90	0.8	100.49	0.9
山梨酸 (aorbic acid)	5	94.72	0.8	104.20	0.3	97.80	0.8	101.68	0.3
	10	94.99	0.4	106.69	0.3	97.60	0.8	100.09	0.3
	20	100.52	0.7	97.01	0.3	102.41	1.0	104.80	0.8
对羟基苯甲酸 甲酯 (methyl p-hydroxybenzoate)	5	96.96	2.4	94.22	1.5	95.10	1.4	95.96	1.1
	10	93.57	0.8	94.54	0.7	95.56	1.2	95.05	0.4
	20	99.92	0.8	101.78	0.9	100.27	0.8	101.59	0.7
脱氢乙酸 (dehydroacetic acid)	5	93.46	2.8	97.64	2.3	95.16	1.4	101.02	1.1
	10	91.30	0.6	95.06	1.4	95.17	2.3	97.39	0.5
	20	98.95	1.0	101.85	1.4	100.32	1.4	103.61	1.1
甜菊糖苷 (stevioside)	5	95.44	3.2	100.72	4.5	97.12	3.3	103.22	4.8
	10	94.45	1.7	98.27	1.9	96.41	2.4	101.50	1.4
	20	99.46	1.3	101.57	2.2	100.75	1.7	103.80	1.8
纽甜(neotame)	5	85.90	0.8	90.60	2.0	89.58	1.0	94.30	1.6
	10	83.55	1.4	92.89	1.9	93.67	0.9	93.88	0.5
	20	90.59	1.2	100.03	1.8	99.17	1.1	100.88	1.0
对羟基苯甲酸 乙酯 (ethyl p-hydroxybenzoate)	5	96.72	1.8	98.68	0.7	96.68	1.3	100.04	1.0
	10	93.81	0.5	97.12	0.8	96.76	1.0	97.29	0.5
	20	99.23	0.5	101.33	1.2	99.91	0.7	100.75	0.3
赤藓红 (erythrosine)	5	96.02	4.0	96.32	2.3	104.84	0.9	94.70	2.4
	10	95.69	3.0	88.65	3.3	94.93	3.5	92.05	2.9
	20	98.50	1.2	99.08	2.4	100.73	1.6	100.62	1.1
对羟基苯甲酸 丙酯 (propyl p-hydroxybenzoate)	5	100.76	1.7	103.60	1.1	104.60	1.4	105.42	0.9
	10	99.30	0.7	102.64	1.2	102.17	0.6	103.60	0.6
	20	99.10	0.7	101.57	1.2	100.39	1.0	101.13	0.5
对羟基苯甲酸 丁酯 (butyl p-hydroxybenzoate)	5	95.18	1.4	97.46	1.6	97.86	1.1	98.30	1.4
	10	92.09	0.7	95.27	1.1	94.67	0.6	95.92	0.5
	20	99.21	0.7	101.78	1.3	100.52	1.0	101.88	0.6

参考文献

- [1] 中华人民共和国食品安全法[S].
People's Republic of China food safety law [S].
- [2] 郑健. 食品添加剂及其对食品安全的影响[J]. 企业科技与发展, 2009, (20): 126-128.
Zheng J. Food additives and their effects on food safety [J]. Enterpr Sci Technol Dev, 2009, (20): 126-128.
- [3] 钱和, 韩婵, 刘利兵. 食品中化学添加剂的功能与风险控制[J]. 化学进展, 2009, (11): 2424-2434.
Qian H, Han C, Liu LB. Function and risk control of chemical additives in foods [J]. Chem Progress, 2009, (11): 2424-2434.
- [4] GB 2760-2014 中华人民共和国国家标准-食品添加剂使用卫生标准[S].
GB 2760-2014 National standards of the People's Republic of China-Hygienic standards for uses of food additives [S].
- [5] GB 5009. 35-2016 中华人民共和国国家标准-食品中合成着色剂的测定[S].
GB 5009. 35-2016 National standards of the People's Republic of China-Determination of synthetic colorants in foods [S].
- [6] GB 5009. 28-2016 中华人民共和国国家标准-食品中苯甲酸、山梨酸和糖精钠的测定[S].
GB 5009. 28-2016 National standards of the People's Republic of China-Determination of benzoic acid, sorbic acid and saccharin sodium in foods [S].
- [7] SNT 3854-2014 中华人民共和国出入境检验检疫行业标准-出口食品中天然甜味剂甜菊糖苷、甜菊双糖苷、甘草酸、甘草次酸的测定 高效液相色谱法[S].
SNT 3854-2014 Exit Inspection and Quarantine Industry Standards of the People's Republic of China-Determination of stevia glycoside, stevia diglycoside, glycyrrhizic acid and glycyrrhetic acid in food for export by high performance liquid chromatography [S].
- [8] GB 5009. 31-2016 中华人民共和国国家标准-食品中对羟基苯甲酸酯类的测定[S].
GB 5009. 31-2016 National Standards of the People's Republic of China-Determination of parabens in foods [S].
- [9] Saad B, Sing YY, Nawi MA, *et al.* Determination of synthetic phenolic antioxidants in food items using reversed-phase HPLC [J]. Food Chem, 2007, 105(1): 389-394.
- [10] Jin HL, Myoung-Gun C. Determination of curcuminoid colouring principles in commercial foods by HPLC [J]. Food Chem, 124(3): 1217-1222.
- [11] Michael J, Scotter. Synthesis and chemical characterization of curcuminoid colouring principles for their potential use as HPLC standards for the determination of curcumin colour in foods [J]. LWT-Food Sci Technol, 2009, 42(8): 1345-1351.
- [12] 黄百芬, 张文娟, 沈向红. 高效液相色谱法同时测定酱油或饮料中的 8 种防腐剂和 3 种甜味剂[J]. 中国卫生检验杂志, 2005, (10): 1208-1211.
Huang BF, Zhang WJ, Shen XH. Simultaneous determination of 8 preservatives and 3 sweeteners in soy sauce or beverage by high performance liquid chromatography [J]. Chin J Health Lab Technol, 2005, (10): 1208-1211.
- [13] 黄永辉, 余清, 林钦, 等. 超高效液相色谱法同时测定碳酸饮料中的 22 种食品添加剂[J]. 分析测试学报, 2011, 30(8): 877-882.
Huang YH, Yu Q, Lin Q, *et al.* Simultaneous determination of 22 food additives in carbonated beverages by ultra high performance liquid chromatography [J]. J Instrum Anal, 2011, 30(8): 877-882.
- [14] 李小平, 赵永纲, 姚珊珊. 反相高效液相色谱梯度洗脱法测定乳饮料中 9 种食品添加剂[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(7): 1621-1623.
Li XP, Zhao YG, Yao SS. Simultaneous determination of nine food additives in milk beverage by reversed-phase high performance liquid chromatography with gradient program [J]. Chin J Health Lab Technol, 2011, 21(7): 1621-1623.
- [15] 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): 3487-3494.
Chen PJ, Zhang Y, Xiao F, *et al.* Determination of 19 food additives in candies, preserves and beverages by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(11): 3487-3494.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



林腾奕, 助理工程师, 主要研究方向为食品理化检测与分析。
E-mail: 1224112836@qq.com



梁旭霞, 博士, 主任技师, 主要研究方向为食品理化检测与食品安全。
E-mail: liangxuxia@126.com