

高效液相色谱法测定糖果、蜜饯和饮料中 19种食品添加剂

陈沛金*, 张毅, 肖锋, 梁通雯, 沈金灿, 肖陈贵, 华红慧, 吕行

(深圳出入境检验检疫局食品检验检疫技术中心 深圳市食品安全检测技术研发重点实验室, 深圳 518045)

摘要: **目的** 建立高效液相色谱同时测定糖果、蜜饯和饮料中19种常用食品添加剂的分析方法。**方法** 样品经亚铁氰化钾和乙酸锌溶液沉淀蛋白后, 采用 Poroshell 120 EC-C₁₈(4.6 mm×100 mm, 2.7 μm)色谱柱分离, 甲醇和 0.02 mol/L 乙酸铵水溶液为流动相进行梯度洗脱, 二极管阵列检测器多波长(230、254、274、480 和 630 nm)检测, 外标法定量。**结果** 19种食品防腐剂、甜味剂和色素组分得以有效分离。色素和咖啡因线性范围为 0.5~12.5 mg/L, 对羟基苯甲酸酯类线性范围为 1~25 mg/L, 其他添加剂线性范围为 2~50 mg/L, 相关系数均大于 0.999。方法检出限为 1.0 mg/L, 测定低限为 10.0 mg/kg。加标回收率为 81.4%~110.9%, 相对标准偏差值为 0.34%~4.6%(n=6)。**结论** 此方法具有快速、准确且样品处理简单等优点, 适用于糖果、蜜饯和饮料中多种添加剂的快速测定。

关键词: 糖果; 蜜饯; 饮料; 食品添加剂; 高效液相色谱法

Determination of 19 food additives in candies, preserves and beverages by high performance liquid chromatography

CHEN Pei-Jin*, ZHANG Yi, XIAO Feng, LIANG Tong-Wen, SHEN Jin-Can, XIAO Chen-Gui,
HUA Hong-Hui, LV Xing

(Shenzhen Key Laboratory of Detection Technology R & D on Food Safety, Food Inspection and Quarantine Center,
Shenzhen Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Shenzhen 518045, China)

ABSTRACT: Objective To develop a simple and rapid method for the simultaneous determination of 19 food additives in candies, preserves and beverages by high performance liquid chromatography (HPLC). **Methods** The sample was extracted by water and precipitated of protein with K₄[Fe(CN)₆] and Zn(Ac)₂ solution. The separation was achieved on a poroshell 120 EC-C₁₈ column (4.6mm ×100 mm, 2.7 μm) by using methanol and 0.02 mol/L NH₄Ac as mobile phase with the gradient eluent. Components were detected with a diode array detector (DAD) at 230, 254, 274, 480 and 630 nm, respectively. The quantification was performed by the external standard method. **Results** Nineteen food additives, including preservatives, sweeteners and pigments,

基金项目: 深圳市基础研究项目(JCY201110097、JCYJ2012061872144497)、国家质检总局科技项目(2012IK186)、国家科技支撑计划课题(2012BAK08B01)

Fund: Supported by Shenzhen Basic Research Plan Project (JCY201110097, JCYJ2012061872144497), the Scientific and Technological Project of the General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (2012IK186) and the National Key Technology Research and Development Program (2012BAK08B01)

*通讯作者: 陈沛金, 工程师, 主要研究方向为食品理化检测。E-mail: szciqfood@126.com

*Corresponding author: CHEN Pei-Jin, Chemist, Food Inspection Center of CIQ-Shenzhen, Shenzhen Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, No.1011, Fuqiang Road, Futian District, Shenzhen 518045, Guangdong Province, China. E-mail: szciqfood@126.com

were efficiently separated. The method showed a good linearity for 19 food additives with correlation coefficients (r) above 0.999 over the range of 0.5~12.5 mg/L for pigments and caffeine, 1~25 mg/L for *p*-hydroxybenzoic acid esters, 2~50 mg/L for the others compounds. The detection limit was 1 mg/L and the quantification limit was 10 mg/kg. The correlation coefficients were larger than 0.999. The average recoveries for 19 food additives from spiked samples were in the range of 81.4%~110.9% with relative standard deviations (RSDs) of 0.34%~4.6% ($n=6$). **Conclusion** The analytical method was fast, accurate and simple, suitable for the determination of 19 additives in candies, preserves and beverages.

KEY WORDS: candy; candied fruit; drinks; food additive; high performance liquid chromatography

1 引言

现代食品工业中为了保持或增加食品的色、香、味等品质,提高防腐效果,延长食品保存时间,常常加入多种添加剂。在日常检测中发现,防腐剂、甜味剂和色素这三大类食品添加剂在糖果、蜜饯和饮料类食品中较为常见。我国国家标准 GB 2760-2011《食品添加剂使用卫生标准》中规定安赛蜜在蜜饯类、饮料类中最大使用量为 0.3 g/kg,在糖果中的最大使用量为 2 g/kg;糖精钠在蜜饯、饮料中的最大使用量分别为 1 g/kg 和 0.15 g/kg;色素类添加剂在糖果中最大使用量为 0.05~0.3 g/kg,饮料类中为 0.025~0.25 g/kg,蜜饯类中为 0.05~0.10 g/kg;防腐剂在糖果中最大使用量为 0.8~1.0 g/kg,饮料类中为 0.2~1.0 g/kg,蜜饯类中为 0.5 g/kg^[1]。食品添加剂在规定范围和规定用量内使用是安全的。但如果长期、集中、频繁地大量食用含有添加剂的食物,将对健康造成损害。例如摄入过量色素对人体神经系统、消化系统造成损害;超标使用防腐剂会抑制骨骼生长,危害肾脏、肝脏的健康;而大量摄入增甜剂易引发癫痫、头疼、智力下降等健康问题^[2]。

国家标准方法对这几类添加剂的测定采用不同预处理和检测方法^[3-7],耗时长且效率低。近几年也有许多文献报道^[8-12]以液相色谱法同时测定多种食品添加剂,但大多数分析方法只针对某一种食品基质,测定同类型的几种添加剂,尚未见同时检测包括防腐剂、甜味剂和色素在内的多种添加剂的报道。为提高检测效率,减少由单一检测方法带来的添加剂使用的安全漏洞,建立包括防腐剂、甜味剂、色素等多种类常用食品添加剂同时检测的分析方法显得尤为重要。本研究采用蛋白沉淀,经梯度洗脱后二极管阵列(diode array detector, DAD)多波长同时检测 19 种

食品添加剂的高效液相色谱法,为食品质量监管提供必要的技术支持。

2 材料与方法

2.1 仪器设备

Agilent 1290 高效液相色谱仪(美国安捷伦公司),带二极管阵列检测器;Sigma 3-18K 型低温离心机(德国西格玛公司),最大转速 12000 r/min;分析天平,感量 0.001 g;Thermo M37610-33 型涡旋混合器(美国赛默飞世尔公司);Elmasonic 超声波振荡器(德国艾尔玛公司);孔径 0.22 μm 水相滤膜;Milli-Q 超纯水系统(美国密理博公司)。

2.2 试剂

甲醇、乙腈和乙酸铵为色谱纯(德国默克公司);亚铁氰化钾、乙酸锌、氨水为分析纯;实验用水为超纯水(电阻 $\geq 18.2 \text{ M}\Omega$)。

安赛蜜、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、柠檬黄、新红、苋菜红、日落黄、诱惑红、酸性红、赤藓红、靛蓝纯度大于 99%,购于德国 Dr. Ehrenstorfer GmbH 公司。苯甲酸、山梨酸、糖精钠纯度大于 99%,购于美国 ChemService 公司。胭脂红纯度 87.7%购于 TCI;亮蓝纯度 99%,购于中国计量科学院研究院;咖啡因纯度 98%,购于上海安谱公司。

2.3 标准溶液的制备

分别称取固体标准品,用少量的甲醇和水溶解,加水定容至 100 mL。安赛蜜、山梨酸、苯甲酸、糖精钠、咖啡因,浓度为 1 mg/mL,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,浓度为 0.5 mg/mL,柠檬黄、新红、苋菜红、胭脂红、日落黄、诱惑红、酸性红、赤藓

红、亮蓝、靛蓝, 浓度为 0.25 mg/mL。标准溶液在 4 °C 下避光保存。

2.4 样品的提取与净化

蜜饯凉果、糖果类等固体、半固体样品, 捣碎均质后, 称取 5 g(精确至 0.001 g)样品于 50 mL 具塞比色管中, 依次加入 10 mL 水, 2.5 mL 亚铁氰化钾溶液(106 g/L)和 2.5 mL 乙酸锌溶液(220 g/L), 超声提取 20 min, 转移至 25 mL 容量瓶中, 用水定容至刻度。混匀后取 10 mL 溶液于 15 mL 离心管中, 在 12000 r/min 转速下离心 10 min, 上清液过 0.22 μ m 滤膜后供液相色谱测定。果(蔬)汁饮料、含乳饮料等样品, 称取 5 g 按上述步骤前处理。汽水、可乐等碳酸饮料, 超声脱气后取 5 g, 加水稀释后用氨水调 pH 为 6, 用水定容至 25 mL, 过 0.22 μ m 滤膜后供液相色谱测定。

2.5 色谱条件

色谱柱: Poroshell 120 EC-C₁₈ 反向色谱柱(4.6 mm×100 mm, 2.7 μ m); 流动相 A: 0.04 mol/L 乙酸铵溶液; 流动相 B: 甲醇; 进样体积: 10 μ L; 柱温 30 °C; 流速 1.0 mL/min。梯度洗脱程序: 0~5 min, 流动相 A 为 5%; 5~19 min, 流动相 A 线性增加至 95%; 19~20 min, 流动相 A 线性降低至 5%; 20~25 min, 流动相 A 为 5%, 保持 5 min。检测波长分别为 230、254、274、480 和 630 nm。

3 结果与分析

3.1 提取溶剂的选择

19 种目标化合物在水中有一定的溶解性, 采用沉淀蛋白结合超声提取去除样品中蛋白质及脂溶性杂质的方法进行前处理。比较了 20%乙腈-水(v:v)和亚铁氰化钾-乙酸锌水溶液作为提取溶剂的实验效果。实验结果表明, 20%乙腈-水有助于样品中蛋白质的沉淀, 但对于含乳饮料等蛋白质样品的沉淀效果不如亚铁氰化钾-乙酸锌溶液, 且乙腈提取液的共萃取杂质较多, 色谱基线杂峰对目标化合物的保留有干扰。因此, 实验选择亚铁氰化钾-乙酸锌-水溶液作为沉淀和提取溶液, 对其用量进行优化, 得出最适加入量为 2.5 mL。在实验过程中, 当亚铁氰化钾-乙酸锌水溶液加入过少时蛋白沉淀不完全, 加入过多时则影响色素的回收率。

3.2 色谱柱的选择

比较了不同类型和长度的 C₁₈ 色谱柱的分离效

果。考察了 Inertsil ODS-3(4.6 mm×250 mm, 5 μ m)、Eclipse Plus C₁₈(2.1 mm×150 mm, 3.5 μ m)、Poroshell 120 EC- C₁₈(4.6 mm×100 mm, 2.7 μ m)三种色谱柱对于目标化合物的分离效果。Inertsil ODS-3 所得的峰形较尖锐且对称, 完全分离目标化合物需要约 60 min, 无法满足快速检测需求。Eclipse Plus C₁₈ 色谱柱在 30 min 完成分离, 但存在峰形宽、分离度较差等问题。Poroshell 120 EC-C₁₈ 所得峰形尖锐且对称, 柱效高且分离度好, 25 min 内完成目标化合物的分离, 可满足快速检测需求。因此选择 Poroshell 120 EC-C₁₈(4.6mm×100 mm, 2.7 μ m)色谱柱进行检测。

3.3 检测波长

采用高效液相色谱与二极管阵列检测器(DAD)联用, 在 200~640 nm 范围内对 19 种化合物的吸收波长进行扫描, 发现安赛蜜、苯甲酸、山梨酸、糖精钠和阿斯巴甜均在 230 nm 处有较高的吸收, 诱惑红、亮蓝、赤藓红的最大吸收波长分别为 499、630、531 nm, 对羟基苯甲酸酯类最大吸收波长为 258 nm, 其余化合物在 254 nm 下的紫外吸收较高。以目标化合物的特征波长进行检测, 可减少干扰, 提高灵敏度, 使定量更准确有效。综合考虑目标化合物保留时间和最大吸收波长, 选择 230、254、274、480 和 630 nm 为检测波长。19 种化合物色谱图见图 1。

在实验条件下, 食品中可能存在的其他常见食品添加剂如柠檬酸、苹果酸、酒石酸和抗坏血酸在 2 min 附近出峰, 且在 210 nm 处均有较强吸收, 230 nm 处的紫外吸收都非常弱, 对测定不会产生干扰。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。所以在实验条件下, 检测波长设置为 230、254、274、480 和 630 nm, 不受食品中其他添加剂的干扰, 检测结果准确可靠。

3.4 柱温的选择

考察了柱温为 25 °C、30 °C、35 °C 和 40 °C 时各组分的分离效果, 发现柱温在 25 °C 时柠檬黄和新红, 日落黄和咖啡因不能完全分离; 35 °C 时山梨酸、糖精钠色谱峰部分叠加; 40 °C 时山梨酸和苯甲酸, 糖精钠和柠檬黄色谱峰不能分开。柱温为 30 °C 时各组分的峰形尖锐且分离度较好, 因此选择柱温为 30 °C。

3.5 流动相的选择与优化

食品添加剂的检测常用甲醇-乙酸铵溶液、乙腈-

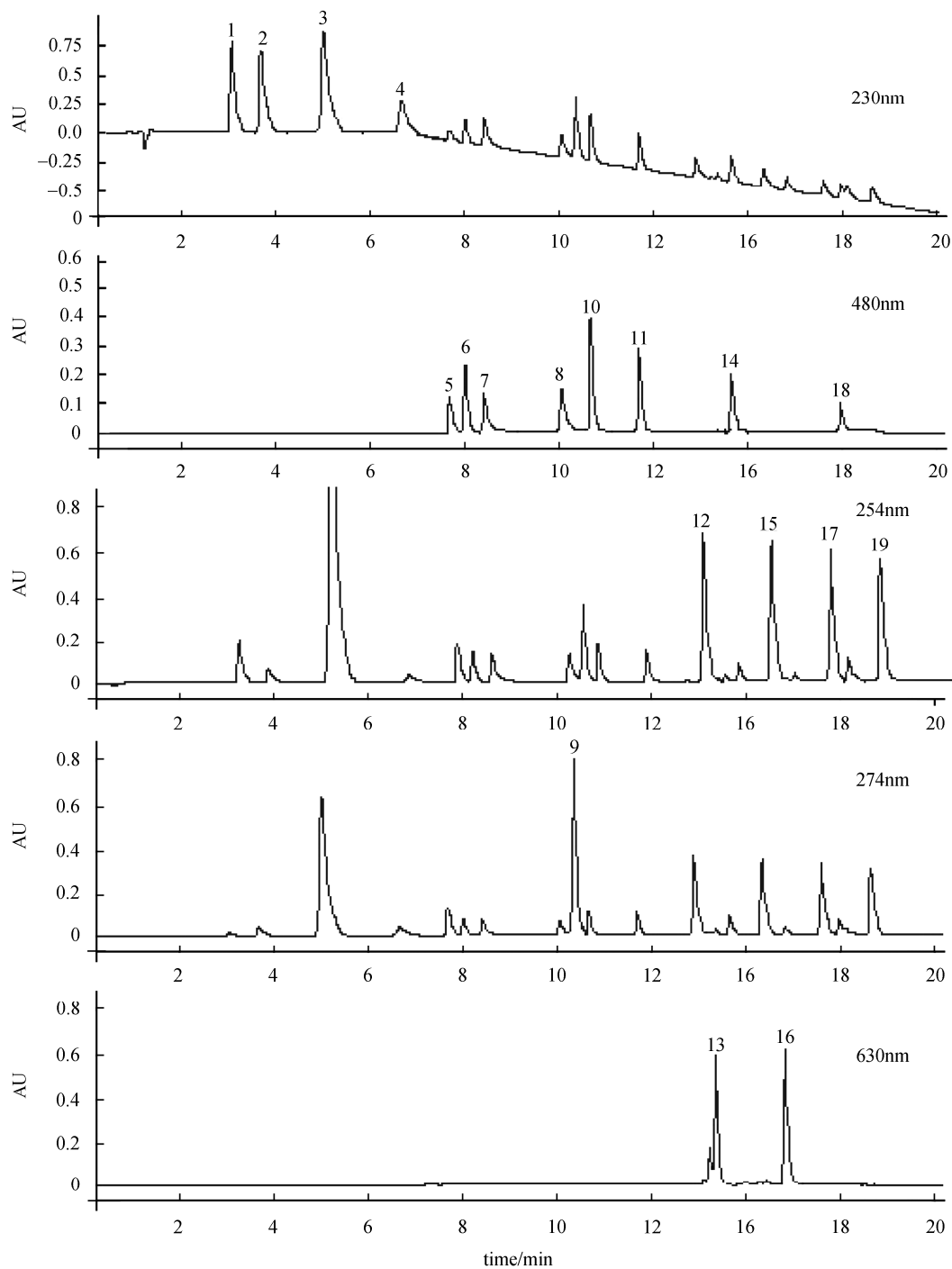


图 1 标准溶液的色谱图

Fig. 1 Chromatograms of standard solution

1: 安赛蜜; 2: 苯甲酸; 3: 山梨酸; 4: 糖精钠; 5: 柠檬黄; 6: 新红; 7: 苋菜红; 8: 胭脂红; 9: 咖啡因; 10: 日落黄; 11: 诱惑红; 12: 对羟基苯甲酸甲酯; 13: 亮蓝; 14: 酸性红; 15: 对羟基苯甲酸乙酯; 16: 靛蓝; 17: 对羟基苯甲酸丙酯; 18: 赤藓红; 19: 对羟基苯甲酸丁酯

乙酸铵、甲醇-乙腈-硫酸铵溶液、乙腈-磷酸二氢钾溶液作为色谱分离流动相。实验结果表明, 采用乙酸铵缓冲盐体系分离目标物的峰形最好, 而甲醇毒性较乙腈小, 故采用甲醇-乙酸铵溶液作为流动相体系。

19 种化合物的极性相差较大, 因此采用梯度洗脱进行分离。结果如图 2 所示, 甲醇所占比例对化合物的保留时间有较大影响。当流动相甲醇初始比例小于 5% 时, 新红和苋菜红无法完全分开(图 2A), 提高甲

醇初始比例为 10%, 安赛蜜和苯甲酸分不开(图 2D), 甲醇初始比例为 8%(图 2C), 糖精钠和柠檬黄分不开, 只有当甲醇初始比例为 5%并保持 5 min 时, 安赛蜜、苯甲酸等前 5 个出峰的化合物分离效果最好(图 2B)。从 5~19 min, 甲醇比例提高至 95%, 使余下的 14 个化合物逐一洗脱, 在 20 min 内完成 19 个化合物的完全分离, 如图 1 所示。实验还比较了不同浓度乙酸铵溶液的分离效果。乙酸铵溶液浓度为 0.02 mol/L 时, 安赛蜜和苯甲酸不能完全分开; 乙酸铵浓度为大于 0.06 mol/L 时, 柠檬黄、新红拖尾严重; 乙酸铵浓度为 0.04 mol/L 时, 各组分的峰形尖锐, 分离度较好。因此本实验选择甲醇-0.02 mol/L 乙酸铵溶液作为流动相。

3.6 方法线性范围及检出限

在优化的实验条件下, 以峰面积(Y)为纵坐标,

标准溶液质量浓度(X, mg/L)为横坐标绘制标准曲线, 得线性方程。结果表明在各自线性范围内, 19 种添加剂呈良好的线性关系, 其相关系数均大于 0.999。检出限以 3 倍信噪比(S/N)计算。19 种添加剂的检测波长、线性范围、线性方程、相关系数及检出限见表 1。

3.7 精密度实验

在优化实验条件下选择糖果、蜜饯和饮料空白基质, 每种样品取 6 份, 添加一定浓度的标准物质进行加标回收实验。实验结果表明, 各组分平均回收率范围在 81.4%~110.9%, 相对标准偏差(RSD)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。样品中 19 种添加剂的加标回收率和精密度见表 2。

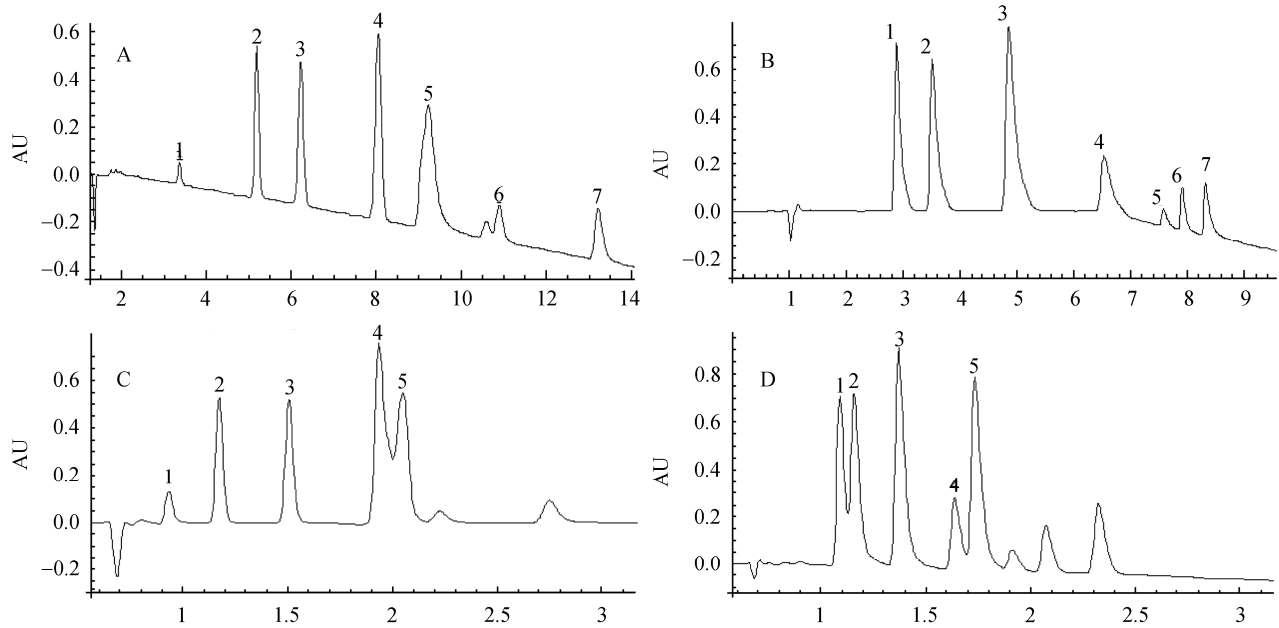


图 2 不同比例初始流动相的影响

Fig. 2 Effect of different ratio for initial mobile phases
A: 3%甲醇-乙酸铵; B: 5%甲醇-乙酸铵; C: 8%甲醇-乙酸铵; D: 10%甲醇-乙酸铵

表 1 19 种添加剂的检测波长、线性范围、线性方程、相关系数及检出限

化合物	检测波长(nm)	线性范围(mg/L)	线性方程	相关系数(r)	检出限(mg/L)
安赛蜜	230	2.0~50.0	$Y=30.643X+2.64$	0.9999	1.0
苯甲酸	230	2.0~50.0	$Y=33.366X+3.15$	0.9999	1.0
山梨酸	230	2.0~50.0	$Y=119.612X+7.94$	0.9999	1.0

续表 1

化合物	检测波长(nm)	线性范围(mg/L)	线性方程	相关系数(<i>r</i>)	检出限(mg/L)
糖精钠	230	2.0~50.0	$Y=20.484X-3.048$	0.9996	1.0
柠檬黄	480	0.5~12.5	$Y=10.642X-0.122$	1.0000	1.0
新红	480	0.5~12.5	$Y=21.153X+0.75$	1.0000	1.0
苋菜红	480	0.5~12.5	$Y=16.284X-1.43$	0.9999	1.0
胭脂红	480	0.5~12.5	$Y=19.226X-0.69$	0.9999	1.0
咖啡因	274	2.0~50.0	$Y=29.973X+2.12$	0.9999	1.0
日落黄	480	0.5~12.5	$Y=32.577X+0.94$	0.9999	1.0
诱惑红	480	0.5~12.5	$Y=24.914X+0.38$	1.0000	1.0
亮蓝	630	0.5~12.5	$Y=94.963X+4.34$	0.9999	1.0
酸性红	480	0.5~12.5	$Y=19.263X+0.31$	1.0000	1.0
靛蓝	630	0.5~12.5	$Y=87.220X+3.05$	0.9999	1.0
赤藓红	480	0.5~12.5	$Y=8.69X-0.24$	0.9999	1.0
对羟基苯甲酸甲酯	254	1.0~25.0	$Y=60.20X+2.41$	0.9999	1.0
对羟基苯甲酸乙酯	254	1.0~25.0	$Y=56.179X+2.50$	0.9999	1.0
对羟基苯甲酸丙酯	254	1.0~25.0	$Y=51.87X+1.14$	0.9999	1.0
对羟基苯甲酸丁酯	254	1.0~25.0	$Y=49.182X+7.73$	0.9999	1.0

表 2 样品中 19 种添加剂的回收率和精密度(*n*=6)
Table 2 Recoveries and accuracy of 19 additives in samples (*n*=6)

名称	添加浓度(mg/kg)	饮料		糖果		蜜饯	
		回收率(%)	RSD(%)	回收率(%)	RSD(%)	回收率(%)	RSD(%)
安赛蜜	10	82.71	2.07	83.65	3.32	85.52	1.93
	25	104.13	1.54	100.85	1.57	99.56	0.89
	50	106.85	1.71	108.48	0.96	106.31	1.44
苯甲酸	10	84.76	2.31	83.17	3.38	85.91	1.37
	25	103.32	1.74	99.76	0.56	101.12	0.60
	50	105.38	0.90	106.39	2.24	100.86	3.80
山梨酸	10	83.69	3.33	83.26	2.58	82.00	1.21
	25	100.99	0.95	99.86	1.06	101.36	1.20
	50	103.01	2.45	106.22	2.85	110.93	0.59
糖精钠	10	82.82	3.63	82.84	3.78	82.39	2.55
	25	104.96	0.87	103.09	1.71	99.58	0.68
	50	103.58	1.71	108.87	1.65	106.36	1.71
柠檬黄	10	86.09	0.86	83.42	3.81	84.26	1.57
	25	100.96	3.14	99.04	2.06	99.89	1.47
	50	100.48	2.75	99.71	2.43	99.28	1.79
新红	10	81.38	2.33	84.23	3.45	83.78	1.70
	25	101.88	0.57	103.29	2.56	100.94	1.00
	50	102.27	0.60	104.52	0.19	103.60	0.34

续表 2

名称	添加浓度(mg/kg)	饮料		糖果		蜜饯	
		回收率(%)	RSD(%)	回收率(%)	RSD(%)	回收率(%)	RSD(%)
苋菜红	10	84.45	2.83	84.96	3.44	81.49	1.61
	25	96.90	2.06	99.61	2.15	101.17	1.37
	50	97.02	2.28	102.98	1.08	103.26	3.23
胭脂红	10	83.65	3.44	84.01	3.22	81.47	1.31
	25	101.69	2.82	97.17	0.81	99.48	0.57
	50	100.48	1.67	97.22	0.59	98.91	1.35
咖啡因	10	81.91	1.41	81.80	3.11	85.34	2.82
	25	103.73	0.73	101.52	1.12	101.49	2.18
	50	98.49	2.96	109.45	2.13	106.71	2.83
日落黄	10	82.59	2.16	84.16	2.62	83.14	3.86
	25	97.77	0.79	99.23	0.91	99.95	0.80
	50	97.82	1.07	97.06	1.83	99.30	1.41
诱惑红	10	83.87	2.50	83.91	1.41	83.78	2.28
	25	104.09	1.44	100.04	1.57	102.38	1.36
	50	102.38	0.49	102.40	1.34	104.85	0.71
对羟基苯甲酸甲酯	1	83.71	3.34	83.14	3.11	82.92	2.97
	25	100.99	1.81	100.63	1.84	101.55	1.75
	50	101.02	1.76	98.37	2.43	105.28	2.66
亮蓝	10	82.49	1.74	86.09	0.90	83.76	2.29
	25	98.06	2.43	98.76	1.74	99.61	2.33
	50	97.66	2.87	95.66	2.78	101.23	3.00
酸性红	10	82.75	4.06	84.34	2.32	83.66	1.78
	25	102.83	1.18	101.37	2.72	100.88	1.62
	50	102.72	1.12	103.96	0.55	104.70	0.40
对羟基苯甲酸乙酯	10	84.48	2.61	85.21	3.23	83.61	2.08
	25	100.70	1.99	98.58	1.66	100.97	1.50
	50	100.92	1.78	97.67	2.53	103.92	2.70
靛蓝	10	84.05	2.99	83.93	3.36	84.26	4.10
	25	104.33	2.12	103.92	1.97	99.57	2.17
	50	105.54	0.85	106.15	2.38	108.45	2.00
对羟基苯甲酸丙酯	10	83.79	2.93	83.31	3.28	83.94	2.53
	25	102.44	2.68	99.75	0.42	101.39	1.56
	50	100.40	2.84	97.28	2.55	105.98	2.17
赤藓红	10	83.01	0.78	81.30	0.82	84.15	1.91
	25	101.65	1.72	100.68	2.80	100.90	1.42
	50	101.58	1.99	98.79	2.07	104.74	0.96
对羟基苯甲酸丁酯	10	84.92	1.72	81.78	1.90	84.00	2.28
	25	97.58	2.22	98.76	1.96	101.42	1.87
	50	99.89	2.54	99.68	2.58	106.55	2.08

4 结 论

本研究建立了以水提取亚铁氰化钾-乙酸锌溶液沉淀蛋白净化, 高效液相色谱-二极管阵列检测器分析, 多波长同时检测食品中 19 种食品添加剂的方法, 所有化合物可在 20 min 实现快速分离检测。色素和咖啡因线性范围为 0.5~12.5 mg/L, 对羟基苯甲酸酯类线性范围为 1~25 mg/L, 其他添加剂线性范围为 2~50 mg/L, 相关系数均大于 0.999。方法检出限为 1 mg/L, 测定低限为 10 mg/kg。加标回收率为 81.4%~110.9%, 相对标准偏差值为 0.34%~4.6%($n=6$)。本方法操作简单、快速、灵敏度标准和法规要求, 适用于包括糖果、蜜饯、饮料在内的食品中常用防腐剂、甜味剂、色素等食品添加剂的高通量检测需求。

参考文献

- [1] GB 2760-2011 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. 北京:中国标准出版社, 2011.
- [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.
- [3] GB/T 23495-2009 食品中苯甲酸、山梨酸和糖精钠的测定食品中糖精钠的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2009.
- [4] GB/T 22254-2008 食品中阿斯巴甜的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.
- [5] GB/T 5009.31-2003 食品中对羟基苯甲酸酯类的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2003.
- [6] GB/T 5009.35-2003 食品中合成着色剂的测定[S]. 北京:中国标准出版社, 2003.
- [7] GB/T 5009.140-2003. Determination of synthetic colour in foods. National Standards of the People's Republic of China [S]. Beijing: Chinese Standard Publishing Company, 2003.
- [8] 刘利敏, 彭敬东. 5 种甜味添加剂的反相高效液相色谱法同时测定[J]. 分析测试学报, 2008, 27(5): 549-552.
- [9] 汪辉, 曹小彦, 陈利国, 等. 高效液相色谱法同时测定蜜饯中五种常见食品添加剂[J]. 分析试验室, 2007, 26(11): 119-121.
- [10] 尹江伟, 林春晓, 邹晓春, 等. 高效液相色谱法同时测定饮料中的多种添加剂[J]. 实用预防医学, 2004, 11 (3): 440-441.
- [11] 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): 1194-1197.
- [12] 蔡发, 段小娟, 牟志春, 等. 高效液相色谱法同时测定食品中的 12 种抗氧化剂[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 207-211.

(责任编辑: 张宏梁)

作者简介



陈沛金, 工程师, 主要研究方向为食品理化检测。
E-mail: szciqfood@126.com