

高效液相色谱法同时测定饮料和果冻中 9种食品添加剂

解楠*

(北京市密云区食品药品安全监控中心, 北京 101500)

摘要: 目的 建立高效液相色谱法同时检测饮料和果冻中9种食品添加剂的分析方法。**方法** 样品用水提取后, 加入亚铁氰化钾和乙酸锌溶液沉淀蛋白。使用 Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 以甲醇和 0.02 mol/L 乙酸铵为流动相进行梯度洗脱, 二极管阵列检测器变波长检测, 外标法定量。**结果** 9种食品添加剂在 1.0~100 μg/mL 范围内有良好的线性, 相关系数均在 0.9995 以上, 检出限为 0.020~0.431 mg/kg, 定量限为 0.068~1.312 mg/kg。在 3 个水平下加标回收率为 80.4%~109.7%, 相对标准偏差低于 5%。**结论** 该方法快速、准确、简便, 适用于饮料及果冻中 9 种添加剂的检测需求。

关键词: 高效液相色谱法; 防腐剂; 甜味剂; 着色剂; 饮料; 果冻

Simultaneous determination of 9 food additives in beverages and jelly by high performance liquid chromatography

XIE Nan*

(Beijing Miyun District Food and Drug Safety Monitoring Center, Beijing 101500, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method for simultaneous determination of 9 food additives in beverages and jelly by high performance liquid chromatographic. **Methods** After the sample was extracted with water, ferrous potassium hydride and zinc acetate solution were added to precipitate proteins, and then the solution was gradient eluted by a column of Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm) with the mobile phase of methanol and 0.02 mol/L ammonium acetate solution. Detection was performed using a diode array detector with variable detection wavelengths. The quantification was performed by the external standard method. **Results** The 9 food additives showed good linearity in the range of 1.0–100 μg/mL, the correlation coefficients were all above 0.9995. The limits of detection were 0.020–0.431 mg/kg, and the limits of quantification were 0.068–1.312 mg/kg. The recoveries of samples at 3 levels were 80.4%–109.7%, and the relative standard deviations were less than 5%. **Conclusion** This method is simple, rapid and accurate, which is suitable for the detection of 9 additives in beverages or jelly.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography; preservatives; sweeteners; colorants; beverages; jelly

*通信作者: 解楠, 检验员, 主要研究方向为食品安全检测及风险监测。E-mail: workxienan@sohu.com

*Corresponding author: XIE Nan, Inspector, Beijing Miyun District Food and Drug Safety Monitoring Center, Xinbei Road, Miyun district, Beijing 101500, China. E-mail: workxienan@sohu.com

0 引言

随着食品工业的飞速发展和化学合成技术的进步,目前全球开发的食品添加剂种类已达到25000多种^[1],食品添加剂在改善食品感官品质、保持营养价值、延长食品货架期及满足加工工艺需求等方面起着非常重要的作用。防腐剂、甜味剂和着色剂是食品生产中最常用的3类添加剂,国家对其使用量有着严格的控制标准,过量添加和长期食用会给人体健康带来危害^[2]。有研究指出过量摄入防腐剂、着色剂、甜味剂会抑制骨骼生长、危害肾脏及肝脏,对神经系统和消化系统造成损害^[3-5]。近年来为了吸引消费者,超范围、超限量使用食品添加剂屡见不鲜,从近几年公布的国家食品安全监督抽检情况^[6-8]可以发现存在联合使用超量问题。但目前这几类食品添加剂的国家标准所采用的前处理方法和检测方法不尽相同^[9-12],逐一检测耗时耗力,发生食品安全问题时不能及时提供技术支持,造成监管部门把控食品安全风险的时效性减弱。

近几年,检测仪器的更新越来越快,检测多种食品添加剂的方法越来越多。常见的检测方法有高效液相色谱法^[13-17]、超高效液相色谱法^[18-20]以及液相色谱-质谱联用法^[21-23]。液相色谱-质谱联用法灵敏度高,但食品添加剂的限量标准一般较高,日常检测中会对质谱造成很大损害,缩短色谱柱、喷针等贵重耗材寿命,所以高限量的食品添加剂使用液相色谱法检测更为合适^[9]。高效液相色谱法是应用广泛、技术成熟的分析物质分离手段。目前使用高效液相色谱法同时检测防腐剂、甜味剂和着色剂的方法较少,尤其与阿斯巴甜和阿力甜同时检测更少见,本研究参考国家标准方法和相关文献,建立高效液相色谱法同时检测饮料和果冻中9种食品添加剂(山梨酸、苯甲酸、安赛蜜、糖精钠、阿斯巴甜、阿力甜、胭脂红、诱惑红、日落黄),为食品安全监管提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

1260 Infinity 高效液相色谱仪(配有二极管阵列检测器,美国 Agilent 公司); Heraeus Multifuge X1R 台式离心机(中国 Thermo Scientific 公司); Milli-Q 纯水仪(美国 Millipore 公司); ME204 电子分析天平(梅特勒-托利多公司); Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ 色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm, 美国 Agilent 公司)。

甲醇、乙酸铵(色谱纯,美国 Fisher Chemical 公司); 乙酸锌、亚铁氰化钾(分析纯,国药集团化学试剂有限公司); 山梨酸、苯甲酸、糖精钠、安赛蜜标准储备液(质量浓度均为 1000 μg/mL, 国家标准物质中心); 阿力甜(纯度 99.2%, 上海安普实验科技股份有限公司); 阿斯

巴甜(纯度 97.7%, 德国 Dr.Ehrenstorfer 公司); 胭脂红、诱惑红、日落黄(纯度均大于 85.0%, 中国食品药品检定研究院); 聚醚砜滤膜[Poly (ether sulfone), PES]、聚四氟乙烯滤膜(polytetrafluoroethylene, PTFE)、聚偏氟乙烯滤膜(polyvinylidene fluoride, PVDF)、尼龙 66 滤膜(Nylon)(天津津腾实验设备有限公司)。

20 份食品样本均采自北京物美商业集团股份有限公司滨河路店。

1.2 实验方法

1.2.1 溶液的配制

精密称取阿力甜、阿斯巴甜、胭脂红、诱惑红、日落黄对照品 0.0250 g, 用水定容至 25 mL, 配制成 1000 μg/mL 的单个标准储备液, 4 °C 避光冷藏。

分别吸取 10 mL 单个标准储备液至于同一 100 mL 容量瓶中, 用水定容至刻度, 即得到质量浓度为 100 μg/mL 的混合标准工作溶液, 转移至棕色玻璃瓶中, 4 °C 密封避光冷藏。分别用水稀释成 1.0、2.0、5.0、10.0、20.0、50.0 μg/mL 的混合标准工作溶液, 现用现配。

1.2.2 样品前处理

(1) 碳酸饮料、果茶、果汁等试样

含有二氧化碳的饮料室温下超声脱气, 含有果肉的饮料用匀浆机打碎混匀。准确称取 5 g(精确至 0.001 g)试样于 50 mL 具塞离心管中, 加水 20 mL 涡旋混匀, 超声 20 min, 于 4 °C、8000 r/min 离心 5 min, 将水相转移至同一 50 mL 容量瓶中, 并用水定容至刻度, 混匀。取上清液过 0.45 μm 滤膜, 滤液待测。

(2) 乳制品、含乳饮料等试样

准确称取 5 g(精确至 0.001 g)试样于 50 mL 具塞离心管中, 加水 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(92 g/L)和乙酸锌溶液(183 g/L)各 2 mL, 涡旋混匀, 于 4 °C、8000 r/min 离心 5 min, 将水相转移至 50 mL 容量瓶中, 于残渣中加水 20 mL, 涡旋混匀后超声 5 min, 于 4 °C、8000 r/min 离心 5 min, 将水相转移至同一 50 mL 容量瓶中, 并用水定容至刻度, 混匀。取上清液过 0.45 μm 滤膜, 滤液待测。

(3) 含胶基的果冻试样

准确称取 5 g(精确至 0.001 g)试样于 50 mL 具塞离心管中, 加水 20 mL 涡旋混匀, 于 70 °C 水浴加热溶解试样, 于 50 °C 水浴超声 20 min, 之后操作同方法(2)。

1.2.3 色谱条件

色谱柱为 Agilent Eclipse plus C₁₈ 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 柱温 35 °C; 流动相为 0.02 mol/L 乙酸铵(A)和甲醇(B), 梯度洗脱程序: 0~9.0 min, 8%~20% B; 9.0~12.0 min, 20%~40% B; 12.0~20.0 min, 40% B; 20.0~22.0 min, 40%~20% B; 22.0~25.0 min, 20%~8% B; 25.0~30.0 min, 8% B; 流速为 1.0 mL/min, 进样量为 10 μL。检测波长为

215 nm, 230 nm。

2 结果与分析

2.1 色谱条件的优化

2.1.1 检测波长的选择

对 9 种化合物的国家标准分析方法均采用紫外固定波长法检测其中 1 种或几种化合物, 由于每种化合物的最大吸收波长不同, 固定波长检测会造成化合物灵敏度降低。本研究采用二极管阵列检测器, 在 190~600 nm 范围内对 9 种化合物的混标溶液进行全波长扫描, 色谱图见图 1, 得到各组分最大吸收波长, 安赛蜜 230 nm、苯甲酸 226 nm、山梨酸 209 nm、糖精钠 254 nm、胭脂红 222 nm、日落黄 240 nm、诱惑红 220 nm、阿斯巴甜 214 nm、阿力甜 212 nm, 结合国家标准推荐检测波长, 最终选定检测波长为 215 nm、230 nm。

2.1.2 柱温的选择

考察了柱温为 30、35、40 °C 时各组分的分离效果。实验表明不同温度下各组分均可较好的分离, 且峰面积无差异。但 30 °C 时, 215 nm 信号基线不稳定, 为更好地保证分离效果, 延长色谱柱寿命, 选择 35 °C 作为最佳柱温。

2.1.3 流动相的选择

乙酸铵具有水溶性好且不易在色谱柱上残留的优点, 所以在食品添加剂检测中常作为缓冲溶液。本研究比较了甲醇-乙酸铵缓冲溶液和乙腈-乙酸铵缓冲溶液梯度洗脱对 9 种目标物的分离效果。结果表明, 在相同色谱条件下, 使用乙腈-乙酸铵缓冲溶液各组分出峰时间较早且峰较密集, 而甲醇-乙酸铵缓冲溶液表现出良好的分离和洗脱能力,

因此采用甲醇-乙酸铵缓冲溶液作为流动相对 9 种添加剂进行色谱分离。

2.2 滤膜的考察

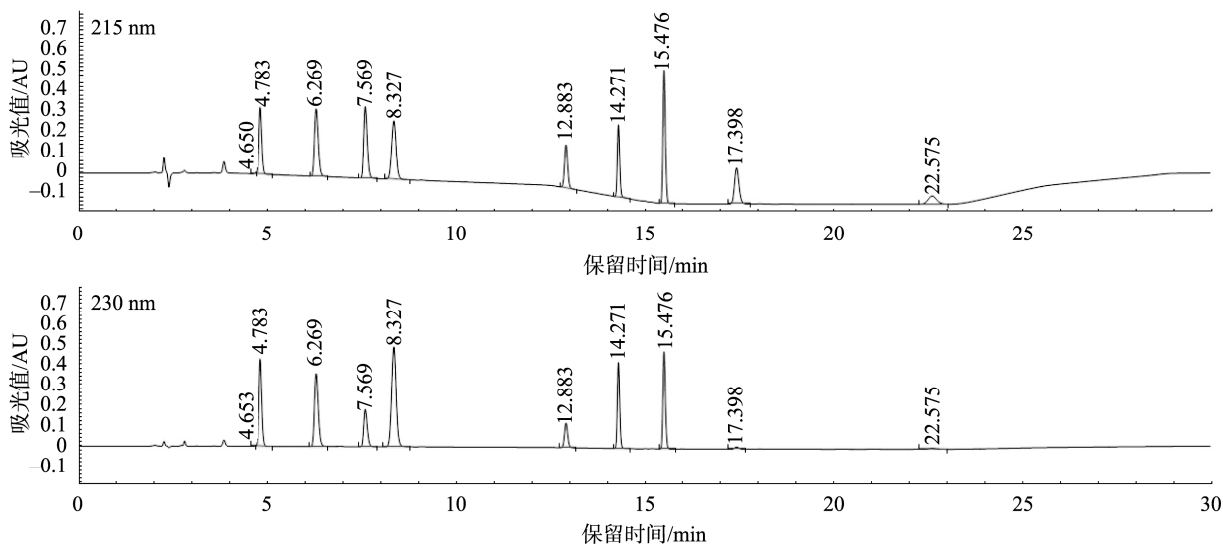
本研究考察了聚四氟乙烯滤膜、尼龙 66 滤膜、聚醚砜滤膜、聚四偏氟乙烯滤膜对 9 种添加剂溶液的吸附作用。分别取质量浓度为 20 μg/mL 的混合标准溶液通过 4 种滤膜, 弃去初滤液 1 mL, 收集到进样小瓶中, 用于滤膜考察。每份样品重复测定 3 次。

实验结果见表 1, 由表 1 可知, 尼龙 66 滤膜对着色剂的吸附能力较强, 特别是胭脂红与诱惑红; 方差分析见表 2, 由表 2 可知, 在显著水平 ($P < 0.05$) 下, 4 种滤膜对山梨酸与糖精钠的吸附能力存在显著性差异, 尼龙 66 滤膜明显强于其他滤膜。综合比较可以看出 PTFE 滤膜与 PES 滤膜对 9 种添加剂溶液的吸附作用相当, 但 PTFE 滤膜价格较贵, 最后选择 PES 滤膜作为样品前处理用滤膜。计算方式按照公式(1)。

$$\text{峰面积比} = \frac{\text{经滤膜过滤测得的峰面积}}{\text{未经滤膜过滤测得的峰面积}} \times 100\% \quad (1)$$

2.3 方法的线性范围及检出限

将系列标准溶液在选定色谱条件测定, 进行线性回归分析, 结果表明各化合物在 1~100 μg/mL 范围内有良好的线性关系。用空白基质提取液稀释标准溶液, 将信噪比等于 3 时的各目标化合物对应的浓度作为检出限, 信噪比等于 10 时对应的目标化合物浓度作为定量限, 得到各化合物的线性回归方程、相关系数、检出限和定量限见表 3, 结果表明检出限与定量限均低于国家标准的要求^[5-8]。



注: 安赛蜜: 4.783 min; 苯甲酸: 6.269 min; 山梨酸: 7.569 min; 糖精钠: 8.327 min; 胭脂红: 12.883 min;
日落黄: 14.271 min; 诱惑红: 15.476 min; 阿斯巴甜: 17.398 min; 阿力甜: 22.575 min。

图 1 标准溶液的色谱图

Fig.1 Chromatogram of standard solution

表 1 标准溶液经不同滤膜过滤后的各组分峰面积比(%)($n=3$)
Table 1 Peak area ratio of each component after standard solution filtration through different membranes (%)($n=3$)

化合物	PTFE	Nylon	PES	PVDF
安赛蜜	99.20±0.15	94.74±0.12	99.29±0.04	99.28±0.13
苯甲酸	99.55±0.33	97.86±0.13	99.37±0.07	99.35±0.08
山梨酸	99.51±0.04	92.98±0.27	99.70±0.15	99.59±0.06
糖精钠	99.49±0.20	96.93±0.13	99.19±0.08	99.33±0.49
胭脂红	98.74±0.18	8.44±0.01	99.69±0.35	97.02±0.11
日落黄	99.49±0.26	30.35±0.15	99.97±0.20	98.77±0.40
诱惑红	99.58±0.51	9.27±0.02	99.19±0.14	96.27±0.03
阿斯巴甜	98.92±0.74	96.38±0.47	96.81±0.58	98.31±0.60
阿力甜	99.81±0.69	97.56±0.89	98.07±0.37	97.70±0.42

表 2 方差分析
Table 2 Analysis of variance

化合物	差异源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
山梨酸	组间	0.010	3	0.003	1327.016	0.000
	组内	1.984×10^{-5}	8	2.480×10^{-6}		
	总计	0.010	11			
糖精钠	组间	0.001	3	0.000	57.558	0.000
	组内	6.103×10^{-5}	8	7.629×10^{-6}		
	总计	0.001	11			

表 3 9 种食品添加剂的线性回归方程、相关系数、检出限和定量限
Table 3 Regression equations, correlation coefficients, limits of detection and limits of quantitation of 9 food additives

化合物	线性回归方程	回归系数	检出限/(mg/kg)	定量限/(mg/kg)
安赛蜜	$Y = 31.29706X - 12.43822$	0.99983	0.042	0.093
苯甲酸	$Y = 34.23887X - 13.20897$	0.99983	0.041	0.099
山梨酸	$Y = 16.18522X - 5.69046$	0.99983	0.050	0.198
糖精钠	$Y = 58.69094X - 21.44716$	0.99984	0.026	0.095
胭脂红	$Y = 5.50354X - 5.76143$	0.99981	0.020	0.068
日落黄	$Y = 16.67759X - 5.76143$	0.99983	0.064	0.208
诱惑红	$Y = 28.61532X - 10.13231$	0.99984	0.038	0.124
阿斯巴甜	$Y = 18.46597X - 12.40552$	0.99980	0.431	1.312
阿力甜	$Y = 14.22392X - 13.32083$	0.99970	0.293	1.276

注: Y 为峰面积, X 为质量浓度($\mu\text{g/mL}$)。

2.4 回收率及精密度实验

对碳酸饮料、果茶、乳饮料、果冻4种基质中的9种目标物在1.0、5.0和20.0 mg/kg 3个水平下进行加标回收

实验, 平行测定6次, 计算加标回收率, 结果见表4。9种添加剂的回收率在80.4%~109.7%之间, 相对标准偏差均低于5%, 由此可以看出测定结果稳定。

表4 9种食品添加剂的平均回收率和相对标准偏差($n=6$)
Table 4 Average recoveries and relative standard deviations of 9 food additives ($n=6$)

化合物	基质	1 mg/kg		5 mg/kg		20 mg/kg	
		回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
安赛蜜	碳酸饮料	93.1	0.59	93.1	1.18	98.7	1.00
	果茶	88.0	1.06	90.0	0.66	94.4	1.15
	乳饮料	99.0	0.57	98.5	1.07	89.3	0.98
	果冻	98.5	1.15	88.9	2.24	88.0	1.31
苯甲酸	碳酸饮料	81.7	2.69	80.4	0.67	104.7	0.66
	果茶	99.5	0.77	99.0	1.64	91.3	1.00
	乳饮料	105.0	1.77	104.5	1.93	99.3	0.97
	果冻	104.5	3.22	90.5	1.16	92.0	1.22
山梨酸	碳酸饮料	84.0	2.80	84.5	0.93	96.0	0.71
	果茶	99.5	0.13	99.5	1.02	94.3	1.04
	乳饮料	96.0	2.89	96.0	3.00	99.7	2.31
	果冻	96.0	1.28	88.0	0.96	87.7	1.54
糖精钠	碳酸饮料	101.5	2.66	87.5	1.86	104.0	0.50
	果茶	98.0	3.46	99.0	1.34	96.7	0.76
	乳饮料	96.3	1.67	104.0	2.82	99.0	1.08
	果冻	104.0	2.79	86.5	0.96	90.3	2.14
胭脂红	碳酸饮料	99.3	1.64	95.8	0.43	96.0	1.97
	果茶	92.4	2.22	90.4	1.33	93.4	1.43
	乳饮料	92.6	1.40	89.5	1.85	91.6	0.99
	果冻	89.5	4.94	90.7	2.31	90.0	2.67
日落黄	碳酸饮料	95.0	2.97	94.5	1.69	109.7	1.38
	果茶	95.0	1.42	95.5	2.74	94.7	1.52
	乳饮料	101.5	0.99	105.5	2.35	94.7	1.66
	果冻	90.5	1.12	90.5	2.88	90.3	1.01
诱惑红	碳酸饮料	93.5	1.58	89.5	0.97	105.0	0.77
	果茶	88.0	3.75	88.0	1.49	88.9	1.39
	乳饮料	91.2	2.54	88.4	2.71	88.0	2.00
	果冻	90.0	2.50	88.1	1.82	87.7	1.31
阿斯巴甜	碳酸饮料	93.7	2.76	96.0	3.40	101.3	2.69
	果茶	88.9	3.08	91.0	2.08	89.9	0.81
	乳饮料	92.5	2.27	96.5	1.71	91.0	1.33
	果冻	86.5	3.02	89.7	2.21	88.6	0.98
阿力甜	碳酸饮料	87.5	0.64	88.0	1.36	93.7	2.42
	果茶	94.5	1.19	87.5	2.89	92.6	1.14
	乳饮料	92.5	2.11	90.4	3.44	89.7	0.93
	果冻	86.0	2.09	92.1	1.74	88.2	1.07

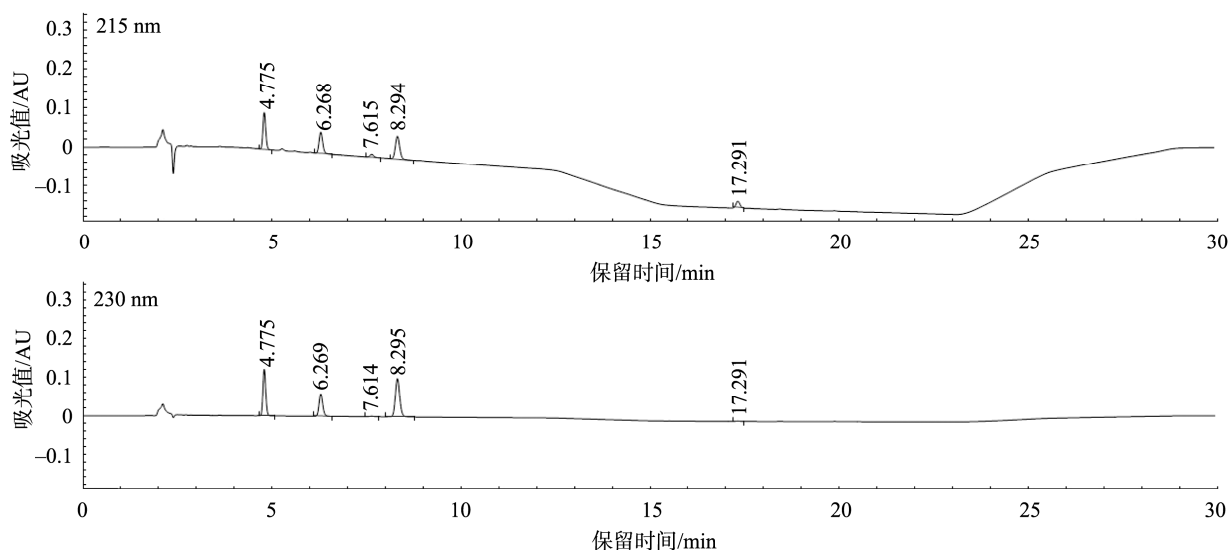
2.5 实际样品的测定

应用本方法对20份购自超市的碳酸饮料(5份)、茶饮料(5份)、果汁(5份)、乳饮料(3份)与果冻(2份)进行测定分析,每个样品重复测定3次。结果发现20个样本中60%的样本含有糖精钠,40%的样本含有安赛蜜。同时检出安赛蜜、阿斯巴甜的样品有3个,同时检出山梨酸、苯甲酸、诱惑红的样品有1个,同时检出山梨酸、糖精钠的样品有2个,同时检出苯甲酸、安赛蜜、糖精钠、阿斯巴甜的样品有1个,样品色谱图见图2。根据GB 2760—2014《食品安全国家标准食品添加剂使用标准》^[24]中对食品添加剂的使用限量标准,

所检出的阳性样品均符合国家标准要求。

3 结论

本研究建立了高效液相色谱法测定饮料和果冻中2种防腐剂、4种甜味剂、3种着色剂的检测方法,经实验验证各化合物线性范围良好、检出限较低、准确度与精密度较高,可在20 min内实现快速分离检测。本方法简单、快速、准确,适用于饮料和果冻中添加剂的检测,很大程度上提高了工作效率,降低了实验成本,为食品安全监管提供了有力支持和有效保障。



注: 安赛蜜: 4.776 min; 苯甲酸: 6.268 min; 山梨酸: 7.615 min; 糖精钠: 8.294 min; 阿斯巴甜: 17.291 min。

图2 样品的色谱图

Fig.2 Chromatogram of sample

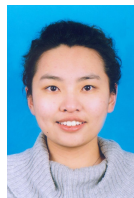
参考文献

- [1] 食品添加剂行业分析 [EB/OL]. <http://www.chinabgao.com/k/sptjj/48891.html> 2019-07-17.
Analysis of food additive industry [EB/OL]. <http://www.chinabgao.com/k/sptjj/48891.html> 2019-07-17.
- [2] 高敏国, 陆小燕. 我国几类食品添加剂滥用现状、危害及应对措施[J]. 职业与健康, 2013, 29(24): 3351-3353.
GAO MG, LU XY. Current situation, hazards and response measures on abuse of some food additives in China [J]. Occup Health, 2013, 29(24): 3351-3353.
- [3] 李强. 食品防腐剂对人体健康的影响分析[J]. 中国城乡企业卫生, 2020, 35(7): 123-125.
LI Q. Analysis of the influence of food preservatives on human health [J]. Chin J Urban Rural Enterpr Hyg, 2020, 35(7): 123-125.
- [4] 赵俊. 食品添加剂危害知多少[J]. 中国防伪报道, 2017, (7): 98-99.
ZHAO J. How much do you know about the harm of food additives [J]. Chin Rpt Anti-Counterf, 2017, (7): 98-99.
- [5] 王嘉宁. 食品中常见甜味剂使用方面存在的主要问题及危害[J]. 农村科学实验, 2019, (2): 42-43.
WANG JN. Main problems and hazards in the use of common sweeteners in food [J]. Rural Sci Exp, 2019, (2): 42-43.
- [6] 市场监管总局关于2018年第四季度食品安全监督抽检情况分析报告 [EB/OL]. http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288891.html
Circular of the General Administration of market supervision on the analysis of food safety supervision and sampling in the fourth quarter of 2018 [EB/OL]. http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/bgt/201902/t20190217_288891.html
- [7] 市场监管总局关于2019年下半年食品安全监督抽检情况分析报告 [EB/OL]. http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202001/t20200123_310736.html
Circular of the General Administration of market supervision, on the analysis of food safety supervision and random inspection in the second half of 2019 [EB/OL]. http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202001/t20200123_310736.html
- [8] 市场监管总局关于2020年上半年食品安全监督抽检情况分析报告 [EB/OL]. http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202007/t20200730_320364.html
Circular of the General Administration of market supervision, on the

- analysis of food safety supervision and random inspection in the first half of 2020 [EB/OL]. http://gkml.samr.gov.cn/nsjg/spcjs/202007/t20200730_320364.html
- [9] GB/T 5009.28—2016 食品安全国家标准 食品中苯甲酸、山梨酸和糖精钠的测定[S].
GB/T 5009.28—2016 National food safety standard-Determination of benzoic acid, sorbic acid and saccharin sodium in foods [S].
- [10] GB/T 5009.140—2003 饮料中乙酰磺胺酸钾的测定[S].
GB/T 5009.140—2003 Determination of acesulfame potassium in beverages [S].
- [11] GB 5009.263—2016 食品安全国家标准 食品中阿斯巴甜和阿力甜的测定[S].
GB 5009.263—2016 National food safety standard-Determination of aspartame and allitame in foods [S].
- [12] GB 5009.35—2016 食品安全国家标准 食品中合成着色剂的测定[S].
GB 5009.35—2016 National food safety standard-Determination of synthetic colorants in foods [S].
- [13] 周六军, 曹赵云, 周蓉, 等. 高效液相色谱法同时测定5种食品中的12种添加剂[J]. 农产品质量与安全, 2018, (5): 69-73, 79.
ZHOU LJ, CAO ZY, ZHOU R, *et al.* Simultaneous determination of 12 additives in 5 foods by high performance liquid chromatography [J]. Qual Saf Agro-Prod, 2018, (5): 69-73, 79.
- [14] 孙稚菁, 任国杰, 王灵芝, 等. 果脯蜜饯和果冻中10种食品添加剂的同时测定[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(7): 133-137.
SUN ZJ, REN GJ, WANG LZ, *et al.* Simultaneous determination of 10 food additives in candied fruits or jelly [J]. Food Res Dev, 2017, 38(7): 133-137.
- [15] 周凌, 姜范成, 李宪刚, 等. HPLC法同时测定通脉口服液中的9种甜味剂和防腐剂的研究[J]. 中国药物评价, 2019, 36(1): 37-40.
ZHOU L, JIANG FC, LI XG, *et al.* Simultaneous determination of nine sweeteners and preservatives in tongmai oral liquid by HPLC [J]. Chin J Drug Eval, 2019, 36(1): 37-40.
- [16] 卫星华, 李荣, 董曼曼, 等. 高效液相色谱法同时测定饮品中8种食品添加剂[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(24): 137-140.
WEI XH, LI R, DONG MM, *et al.* Determination of eight food additives in drink by HPLC [J]. Food Res Dev, 2017, 38(24): 137-140.
- [17] 渠惠琳, 窦凯凯, 祁国焯, 等. 高效液相色谱法测定调味茶饮料中甜味剂和防腐剂[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(1): 139-141, 155.
QU HL, DOU KK, QI GY, *et al.* Determination of sweeteners and preservatives in seasoning tea-based drinks by high performance liquid chromatography [J]. Hubei Agric Sci, 2020, 59(1): 139-141, 155.
- [18] 曹梅荣, 孙磊, 贾文轩, 等. 超高效液相色谱法同时测定含乳饮料中12种食品添加剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(4): 1018-1024.
CAO MR, SUN L, JIA WX, *et al.* Simultaneous determination of 12 kinds of food additives in milk-containing beverages by ultra performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(4): 1018-1024.
- [19] 林腾奕, 陈思敏, 梁旭霞, 等. 超高效液相色谱法同时测定饮料中20种食品添加剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(2): 500-506.
LIN TY, CHEN SM, LIANG XX, *et al.* Simultaneous determination of 20 food additives in beverages by ultra performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(2): 500-506.
- [20] 刘泰然, 赵海燕, 罗仁才. 超高效液相色谱法同时测定饮料中的17种食品添加剂[J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(1): 44-48.
LIU TR, ZHAO HY, LUO RC, *et al.* Simultaneous determination of 17 food additives in drinks by ultra high performance liquid chromatography [J]. Chin J Food Hyg, 2013, 25(1): 44-48.
- [21] 王震, 石丽珠. 超高效液相色谱-串联质谱测定饮料和酒中防腐剂与甜味剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(4): 1179-1184.
WANG Z, SHI LZ. Determination of preservative and sweetener in drink and wine by ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(4): 1179-1184.
- [22] 朱万燕, 郭晓艳, 陈伟. 饮料中35种添加剂的超高效液相色谱/四级杆-飞行时间质谱筛查法[J]. 中国食品添加剂, 2017, (11): 160-168.
ZHU WY, GUO XY, CHEN W. Screening of 35 kinds of additives in beverages by ultra high performance liquid chromatography coupled with quadrupole-time-of-flight [J]. China Food Addit, 2017, (11): 160-168.
- [23] 王警, 郑娟梅, 王海波, 等. 高效液相色谱-串联质谱法同时检测非蛋白饮料中30种食品添加剂[J]. 食品工业科技, 2020, 41(18): 204-211, 271.
WANG J, ZHENG JM, WANG HB, *et al.* Simultaneous determination of 30 food additives in non-protein beverages by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Sci Technol Food Ind, 2020, 41(18): 204-211, 271.
- [24] GB 2760—2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760—2014 National food safety standard-Standard for uses of food additives [S].

(责任编辑: 王欣)

作者简介



解楠, 检验员, 主要研究方向为食品安全检测及风险监测。

E-mail: workxianan@sohu.com