

气相色谱法测定椰子汁或复原椰子汁中5种香料

路露, 何湘漪, 孙蕊, 耿健强, 穆同娜, 周相娟*

[北京市食品安全监控和风险评估中心(北京市食品检验所), 北京 100094]

摘要: 目的 建立气相色谱法检测椰子汁或复原椰子汁中乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素、乙基香兰素和椰子醛的分析方法。**方法** 取适量的椰子汁或复原椰子汁样品, 使用硅藻土固相萃取柱净化提纯, 使用乙酸乙酯作为洗脱剂洗脱, 气相色谱法检测, 外标法定量。**结果** 乙基麦芽酚在 5~100 $\mu\text{g/mL}$ 范围内有较好的线性关系($r > 0.990$), 检出限为 2 mg/kg, 定量限为 6 mg/kg, 回收率为 88.4%~93.2%, 相对标准偏差为 2.8%~3.6%; 香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素在 2~100 $\mu\text{g/mL}$ 范围内有较好的线性关系($r > 0.990$), 检出限为 1 mg/kg, 定量限为 3 mg/kg, 回收率为 80.9%~114.4%, 相对标准偏差为 1.8%~5.9%; 椰子醛在 1~100 $\mu\text{g/mL}$ 范围内有较好的线性关系($r > 0.990$), 检出限为 0.5 mg/kg, 定量限为 1.5 mg/kg, 回收率为 86.5%~99.7%, 相对标准偏差为 8.1%~15.7%。**结论** 本方法操作简单、快速、灵敏、稳定性好, 可作为椰子汁或复原椰子汁中乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素、乙基香兰素和椰子醛的定量和定性检测方法。

关键词: 乙基麦芽酚; 香兰素; 甲基香兰素; 乙基香兰素; 椰子醛; 气相色谱法

Determination of 5 kinds of spices in coconut milk or reconstituted coconut milk by gas chromatography

LU Lu, HE Xiang-Yi, SUN Rui, GENG Jian-Qiang, MU Tong-Na, ZHOU Xiang-Juan*

[Beijing Food Safety Monitoring and Risk Assessment Center (Beijing Food Inspection Institute), Beijing 100094, China]

ABSTRACT: Objective To establish a method for the detection of ethyl maltol, vanillin, methyl vanillin, ethyl vanillin and cocoanut aldehyde in coconut milk or reconstituted coconut milk by gas chromatography. **Methods** Appropriate amount of coconut or reconstituted coconut sample were taken, purified by diatomaceous earth solid phase extraction column, eluted with ethyl acetate as eluent for elution, and detected by gas chromatography, quantified by external standard method. **Results** Ethyl maltol had a good linear relationship in the range of 5–100 $\mu\text{g/mL}$ ($r > 0.990$), the detection limit was 2 mg/kg, the quantification limit was 6 mg/kg, the recoveries were 88.4%–93.2%, and the relative standard deviations were 2.8%–3.6%; vanillin, methyl vanillin and ethyl vanillin had a good linear relationship in the range of 2–100 $\mu\text{g/mL}$ ($r > 0.990$), the detection limit was 1 mg/kg, the quantification limit was 3 mg/kg, the recoveries were 80.9%–114.4%, and the RSDs were 1.8%–5.9%; cocoanut aldehyde had a good linear relationship in the range of 1–100 $\mu\text{g/mL}$ ($r > 0.990$), the detection limit was 0.5 mg/kg, the quantification limit was 1.5 mg/kg, the recoveries were 86.5%–99.7%, and the RSDs were 8.1%–15.7%. **Conclusion** This method is simple to operate, rapid, sensitive, and stable, and can be used as a quantitative and qualitative detection method for ethyl maltol, vanillin, methyl

基金项目: 国家市场监督管理总局科技计划项目(2020MK008)

Fund: Supported by the Science and Technology Plan Project of the State Administration for Market Regulation (2020MK008)

*通信作者: 周相娟, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为食品检测与安全。E-mail: zhouxjthy@sina.com

*Corresponding author: ZHOU Xiang-Juan, Ph.D, Professor, Beijing Municipal Center for Food Safety Monitoring and Risk Assessment, No.17, Fengdedong Road, Haidian District, Beijing 100094, China. E-mail: zhouxjthy@sina.com

vanillin, ethyl vanillin and cocoanut aldehyde in coconut milk or reconstituted coconut milk.

KEY WORDS: ethyl maltol; vanillin; methyl vanillin; ethyl vanillin; cocoanut aldehyde; gas chromatography

0 引 言

QB/T 2300—2006《植物蛋白饮料椰子汁及复原椰子汁》明确定义椰子汁或复原椰子汁为以新鲜椰子果肉为原料或以椰子果肉制品如椰子果浆、椰子果粉等为原料,经加工制得的植物蛋白饮料。然而,市场上却存在部分椰子汁及复原椰子汁包装上标识“未添加香精”、“不添加香精”、“0 添加”或未在配料表中注明使用的香精、香味剂的情况,严重扰乱市场秩序,造成食品安全隐患。

椰子汁及复原椰子汁类植物蛋白饮料可能添加的香料有乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素、乙基香兰素和椰子醛,而目前没有同时能检测 5 种香料的方法,所以建立一种简单快捷的 5 种香料联合检测方法,及时获得 5 种香料含量,对于椰子汁及复原椰子汁饮料行业的监管和指导具有重要意义。

目前,国内对乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素、乙基香兰素和椰子醛的检测方法主要有高效液相色谱-串联质谱法^[1-5]、气相色谱-质谱法^[6-11]、液相色谱法^[12-16]、气相色谱法^[18-22]。高效液相色谱-串联质谱法灵敏度较高,但是检测成品较高,不适用于实验室检测大量样品。液相色谱法前处理方法比较烦琐,需要反复调节 pH^[12],分析时间一般比较长,检测成本比气相色谱法高,而气相色谱-串联质谱法操作方法相对较复杂,耗时长。液相色谱法实验中需要反复调节样品酸碱度,使用的离子交换固相萃取柱也比较昂贵,大大增加了实验成本。本研究通过优化前处理方法和色谱条件,使用气相色谱法对乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素、乙基香兰素和椰子醛 5 种香料同时检测,拟建立一种操作简单、稳定性强、可推广性强的实验方法,为监管部门提供准确、快速、灵敏的鉴别方法,以规范椰子汁产品中虚假标识香精的行为,为监管部门查处欺骗消费者的行为和健康风险评估提供有力的技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

乙酸乙酯、二氯甲烷(色谱纯,美国 Thermo Fisher Scientific 公司);无水乙醚(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);正己烷(色谱纯,英国 Fisher chemical 公司);乙基麦芽酚(纯度 99.9%)、香兰素(纯度 99.8%)、甲基香兰素(纯度 98.3%)、乙基香兰素(纯度 99.8%)、椰子醛(纯度 99.8%)(北京曼哈格生物科技有限公司);CHEM ELUT-5 mL 硅藻土固相萃取柱[安捷伦科技(中国)有限公司]。

1.2 仪器与设备

Agilent 7890A 气相色谱仪:配氢火焰离子检测器(flame ionization detector, FID)(美国 Agilent 公司);R-300 型旋蒸蒸发仪(德国 BUCHI 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 样品处理

准确称取样品 5.00 g 于硅藻土固相萃取柱中,静置吸附 10 min 后,用 25 mL 乙酸乙酯洗脱,收集洗脱液,将洗脱液在 30 °C 旋蒸蒸发仪浓缩至 2.0 mL,待测。

1.3.2 色谱条件

HP-1701 石英毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);进样口温度 250 °C,采用程序升温,柱初始温度 80 °C,保持 1 min,以 30 °C/min 速率升温至 180 °C,保持 1 min,再以 10 °C/min 速率升温至 230 °C,保持 2 min,以 30 °C/min 速率升温至 280 °C,保持 3 min;检测器温度 280 °C;不分流进样,进样量 1 μL。采用外标法定量。

2 结果与分析

2.1 前处理方法的选择

椰子汁及复原椰子汁含有蛋白质,考虑到蛋白质可能会对检测结果产生干扰,研究对比了 2 种前处理方法,硫酸锌-亚铁氰化钾沉淀-有机溶剂萃取法,将椰汁经硫酸锌-亚铁氰化钾沉淀蛋白后过滤,取滤液用无水乙醚液液萃取 3 次后浓缩,沉淀蛋白后除杂,色谱图结果见图 1a。将椰汁直接经过硅藻土固相萃取柱净化,乙酸乙酯洗脱后浓缩,除杂后色谱图结果见图 1b。由图 1 可知,硅藻土固相萃取柱净化后杂质干扰少,整个过程操作简单,可以免去复杂的前处理过程,又能保证较好的效果,适合大量样品的检测,故本研究选取硅藻土固相萃取法进行样品前处理。

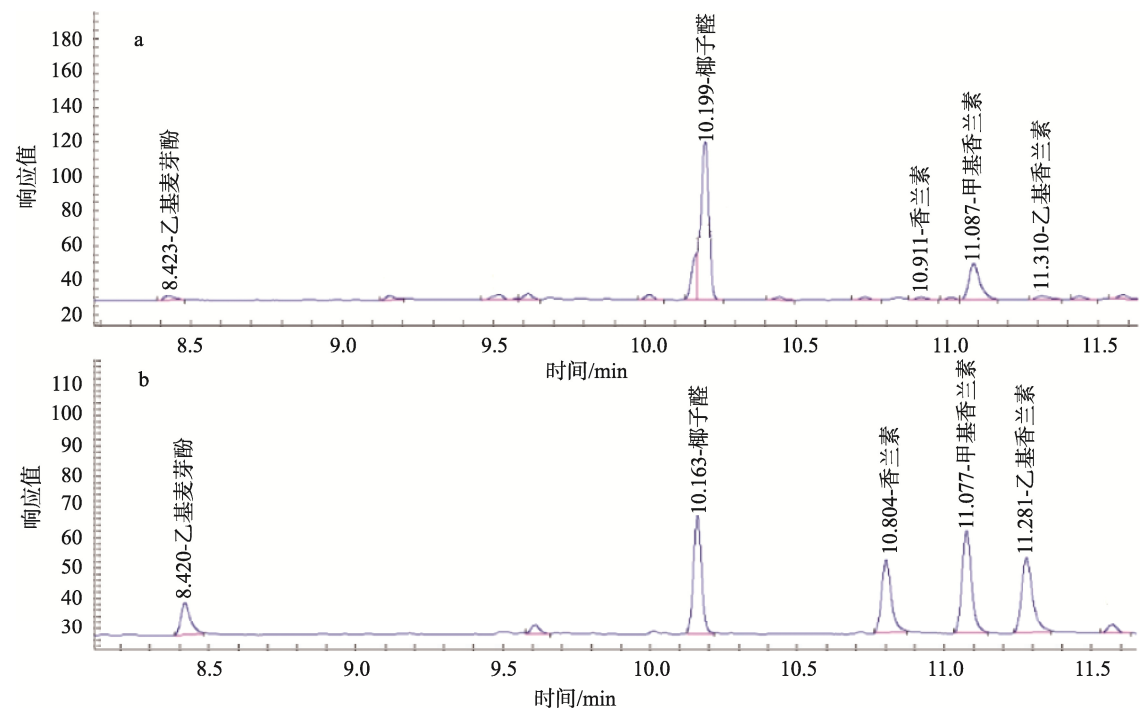
2.2 洗脱剂的选择

2.2.1 洗脱剂的确定

采用加标回收的方法,洗脱体积为 30 mL,4 种试剂洗脱后,回收率和相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)如表 1 所示。乙醚洗脱回收率较好,但是除杂效果差,乙酸乙酯洗脱回收率好且无杂质干扰,初步确定选择乙酸乙酯作为主要洗脱剂。

2.2.2 洗脱体积的确定

实验选用洗脱体积为 10、15、20、25、30 mL 的洗脱剂分别对加标样品进行洗脱,平行实验 3 次,各洗脱体积下的回收率结果见表 2,在保证较高的回收率且杂质少的情况下,确定选用 25 mL 洗脱体积。



注: a: 沉淀蛋白-液液萃取法; b: 藻土固相萃取柱法。

图 1 5 种香料在不同前处理方法下的色谱图

Fig.1 Chromatograms of 5 kinds of spices under different pretreatment methods

表 1 使用不同洗脱剂洗脱的香精回收率和 RSDs (n=3)

Table 1 Recoveries and RSDs of spices eluted with different eluents (n=3)

名称	乙酸乙酯		二氯甲烷		乙醚		正己烷	
	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
乙基麦芽酚	90.7	3.5	87.0	7.4	121.0	5.1	35.7	4.5
香兰素	91.6	2.5	60.0	5.5	128.0	3.9	100.0	3.9
甲基香兰素	96.2	1.7	90.3	3.2	121.4	3.0	98.9	2.1
乙基香兰素	95.7	2.6	89.8	3.2	104.3	2.5	102.8	6.0
椰子醛	98.1	2.0	93.5	6.4	110.0	3.4	97.4	3.4

表 2 不同洗脱体积下 5 种香料的回收率和 RSDs (n=3)

Table 2 Recoveries and RSDs of 5 kinds of spices under different elution volume (n=3)

洗脱体积/mL	乙基麦芽酚		椰子醛		香兰素		甲基香兰素		乙基香兰素	
	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
10	26.2	8.0	48.7	4.5	32.0	5.0	65.9	1.6	54.8	4.6
15	43.8	6.8	60.2	2.7	52.0	6.0	77.9	2.6	72.7	1.9
20	66.2	2.6	76.1	2.6	77.7	2.4	90.9	1.1	88.1	1.9
25	92.4	3.9	92.3	1.1	99.7	1.5	99.9	2.9	99.4	0.6
30	89.0	3.7	93.9	2.0	99.2	3.8	97.9	0.8	96.8	2.1

2.3 色谱柱的选择

本研究在经过优化的分离条件下, 比较了 HP-5 (图 2a)、HP-INNOWAX3 (图 2b)和 HP-1701 (图 2c) 3 种不同极性毛细管色谱柱对 5 种香料的分离效果。结果表明, 3 种色谱柱对 5 种香料分离效果有差异, 在本研究条件下, 5 种香料在中等极性的 HP-1701 中, 化合物峰形对称性好, 无拖尾,

目标化合物分离效果好, 故实验选用 HP-1701 毛细管柱。

2.4 色谱分析

采用自动进样器进样, 将 5 种物质标准品和样品注入气相色谱, 在相同的色谱条件下, 以保留时间定性, 以样品峰面积和标准品进行比较定量, 5 种香料标准品色谱图见图 3。

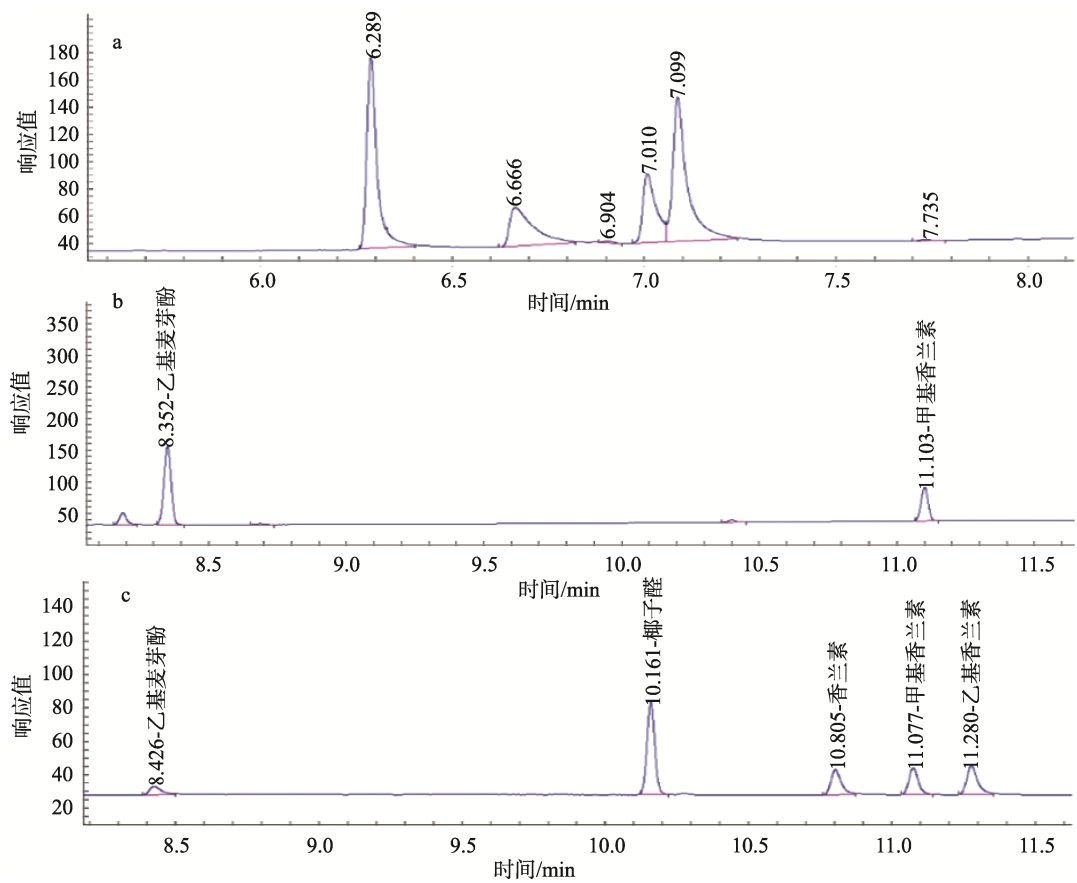


图 2 3 种色谱柱分离效果
Fig.2 Three kinds of column separation effects

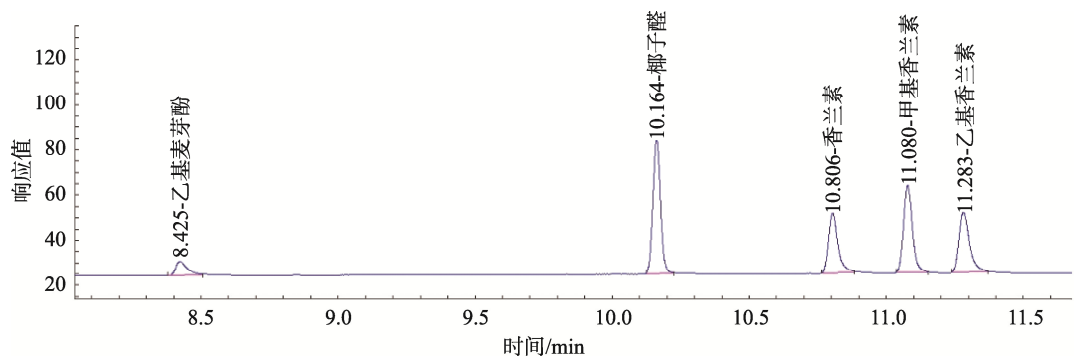


图 3 5 种香料标准色谱图(20 µg/mL)
Fig.3 Standard chromatogram of 5 kinds of spices (20 µg/mL)

2.5 标准曲线线性关系、检出限与定量限

准确吸取各标准储备液适量，配制成质量浓度为 1.0、2.0、5.0、10.0、20.0、50.0、100.0 μg/mL 工作溶液，用峰面积对质量浓度进行线性回归统计。本方法在阴性样品中添加一系列质量浓度的标准溶液，按照气相色谱检测灵敏度大于 3 倍信噪比得出仪器最低检测浓度，再根据样品处理步骤中的称样量和定容体积，确定椰子汁中乙基麦芽酚检出限为 2 mg/kg，定量限为 6 mg/kg，香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素检出限为 1 mg/kg，定量限为 3 mg/kg，椰子醛检出限为 0.5 mg/kg，定量限为 1.5 mg/kg。结果见表 3。

表 3 5 种香料的线性方程和检出限
Table 3 Linear equations and detection limits of 5 kinds of spices

名称	线性范围 (μg/mL)	线性方程	相关系数(r)
乙基麦芽酚	5~100	Y=1.036X-4.172	0.998
香兰素	2~100	Y=3.140X-9.199	0.999
甲基香兰素	2~100	Y=3.766X-12.437	0.998
乙基香兰素	2~100	Y=5.547X-9.195	0.999
椰子醛	1~100	Y=5.444X-2.742	0.999

2.6 回收率和精密度

实验准确称取空白椰子汁样品 6 份，每份 5 g，共 3 组，分别定量加入乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素、乙基香兰素和椰子醛的标准物质，添加水平分别为 1 倍、2 倍和 5 倍检出限，按供试品溶液制备方法制备后进行测定，加标

回收率平均值和相对标准偏差结果见表 4。结果可知，此方法回收率和精密度良好，具有可靠的检测性能。

2.7 样品实测

应用优化好的方法测定了 5 种市售椰子汁饮料，实际检测结果详见表 5，图 4 是编号为 XH21020009 阳性样品的色谱图。乙基麦芽酚和椰子醛均呈现出良好的吸收峰，无拖尾峰存在，说明本方法性能良好。

3 结论与讨论

本研究通过简化前处理方式和优化色谱条件建立了气相色谱法对椰子汁或复原椰子汁中乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素、乙基香兰素和椰子醛 5 种香料的检测方法。与文献^[21]中的方法进行对比，本研究增加了香料的数量，建立了同时测定 5 种香料的气相色谱测定方法；优化了前处理方法，化繁为简，省略氯化钠盐析步骤，样品无需任何前处理，只经硅藻土固相萃取纯化，大大提高了前处理的效率。另外，本研究分析对比了不同提取溶剂的提取效率，确定最适宜的提取方式，提高了工作效率，单样品过柱时间仅需要 15~18 min；其次优化了色谱条件，对比 3 种色谱柱对样品的纯化效果，5 种香料在所有优选出的 HP-1701 色谱柱中的响应度比文献中的 HP-INNOWAX 色谱柱更高，色谱峰峰型和分离度更好。经验证，本方法灵敏有效，操作简单，稳定性好，经济实用，填补了目前椰子汁或复原椰子汁饮料检测的相关标准不全的空白，提高了检验检测的工作效率，为市场监管部门鉴别虚假标识行为和健康风险评估提供了强有力的技术支撑。

表 4 椰子汁中 5 种香料的加标回收率和 RSD (n=3)
Table 4 Recoveries and RSDs of 5 kinds ofspices in coconut milk (n=3)

名称	添加浓度为 1 倍检出限		添加浓度 2 倍检出限		添加浓度 5 倍检出限	
	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
乙基麦芽酚	90.6	3.1	93.2	3.6	88.4	2.8
香兰素	108.9	5.9	114.4	3.0	102.5	5.8
甲基香兰素	89.3	2.9	85.2	3.3	93.8	4.1
乙级香兰素	80.9	5.2	85.2	3.4	90.7	1.8
椰子醛	93.7	15.7	86.5	8.1	99.7	10.5

表 5 样品实测情况(mg/kg)
Table 5 Sample measured situation (mg/kg)

样品编号	样品包装标识	乙基麦芽酚	椰子醛	香兰素	甲基香兰素	乙基香兰素
XH21020009	承诺不加香精	18.40	10.50	未检出	未检出	未检出
XH21020016	配料表未标识	37.50	5.31	未检出	未检出	未检出
XH21020018	配料表标识	17.00	4.35	未检出	未检出	未检出
XH21020019	配料表未标识	2.12	未检出	未检出	未检出	未检出
XH21020027	承诺不加香精	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出

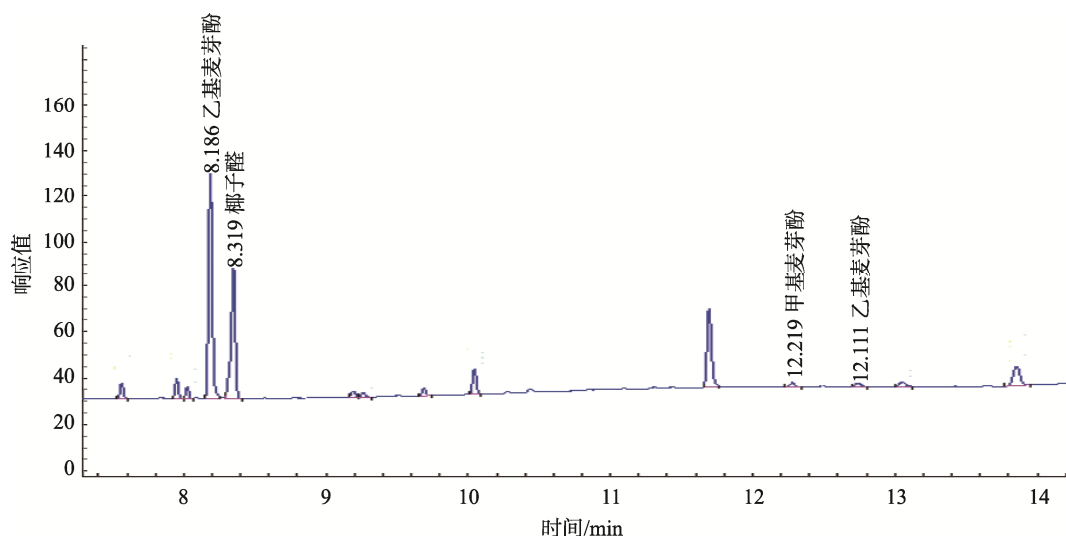


图 4 椰子汁饮料色谱图

Fig.4 Chromatogram of coconut juice drink

在此工作基础上,将继续研究液体香精和固体香精的基质特点,优化提取溶剂、提取方式,确定操作简便、提取效率高、前处理方法,根据乙香料的化学性质,优化色谱条件,提高方法的提取效率、灵敏度和准确性。同时按照本项目的计划要求,建立补充检验方法,供监管部门对市售椰子汁和复原椰子汁样品开展香料风险评估和监督抽检,研判市售椰子汁和复原椰子汁对添加香料的产品是否严格按照标准标识标注,且添加情况是否与配料表标注成分一致,可有效用于椰子汁或复原椰子汁中添加香精的定性定量分析,并可广泛应用于保障食品安全的检验检测工作,也可用于监管部门对市售椰子汁或复原椰子汁类植物蛋白饮料类产品中添加香精行为提供技术支撑。

参考文献

- [1] 肖峰, 张毅, 陈沛金, 等. 高效液相色谱-串联质谱法同时测定婴幼儿配方食品中香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(11): 3431-3436.
XIAO F, ZHANG Y, CHEN PJ, *et al.* Simultaneous determination of vanillin, methyl vanillin and ethyl vanillin in infant formulas by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(11): 3431-3436.
- [2] 李小运, 王浩. 液相色谱-质谱联用技术同时测定婴幼儿配方奶粉中甲基香兰素和乙基香兰素[J]. 农业机械, 2012, (9): 126-127.
LI XY, WANG H. Simultaneous determination of methyl vanillin and ethyl in infant formula milk powder by liquid chromatography-mass spectrometry vanillin [J]. Farm Mach, 2012, (9): 126-127.
- [3] DEJAGER LS, PERFETTI GA, DIACHENKO GW. Determination of coumarin, vanillin, and ethyl vanillin in vanilla extract products: Liquid chromatography mass spectrometry method development and validation studies [J]. J Chromatogr A, 2007, 1145: 83-88.
- [4] QU BC, JIANG JQ, MAO XQ, *et al.* Simultaneous determination of vanillin, ethyl vanillin and methyl vanillin in Chinese infant food and other dairy products by LC-MS/MS [J]. Food Addit Contam A, 2021, 38(7): 1096-1104.
- [5] 刘强欣, 张虹, 胡云强, 等. 改良 QuEChERS-高效液相色谱-串联质谱法同时测定植物油中香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(11): 198-201.
LIU QX, ZHANG H, HU YQ, *et al.* Simultaneous determination of vanillin, methyl vanillin and ethyl vanillin in vegetable oils by improved QuEChERS-high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Anhui Agric Sci, 2020, 48(11): 198-201.
- [6] COSTA BRB, PADILHA MC, RODRIGUES LML, *et al.* Analysis of anabolic agents in whey protein by gas chromatography coupled to triple quadrupole mass spectrometry [J]. Food Anal Method, 2020, 13(11): 2003-2013.
- [7] 董振山, 张思萌. 气相色谱-质谱法测定雪糕中香兰素含量的研究[J]. 轻工科技, 2019, 35(1): 1-2.
DONG ZS, ZHANG SM. Study on the determination of vanillin in ice cream by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Light Ind Sci Technol, 2019, 35(1): 1-2.
- [8] 乙小娟, 朱加叶, 丁萍. 气相色谱-质谱联用法测定巧克力中香兰素、特丁基对苯二酚、咖啡因[J]. 理化检验(化学分册), 2009, 45(12): 1404-1406.
YI XJ, ZHU JY, DING P. GC-MS determination of vanillin, TBHQ, caffeine in chocolate [J]. Phys Test Chem Anal Part B, 2009, 45(12): 1404-1406.
- [9] 韩双, 杨金宝, 刘宁. 气相色谱-质谱/选择离子法测定牛奶中的香兰素[J]. 中国乳品工业, 2008, 36(8): 53-55.
HAN S, YANG JB, LIU N. Determination of vanillin in milk by GC-MS/SIM [J]. China Dairy Ind, 2008, 36(8): 53-55.
- [10] 赵建国, 姜金斗. 气相色谱质谱联用测定婴幼儿奶粉中香兰素和乙基香兰素[J]. 生命科学仪器, 2013, 11(10): 40-44.
ZHAO JG, JIANG JD. Determination of vanillin and ethyl vanillin in infant milk powder by gas chromatography-mass spectrometry [J]. Life Sci Instrum, 2013, 11(10): 40-44.
- [11] 聂巍. 采用气相色谱-质谱法检测天然椰汁中的香精[J]. 河南工业大学

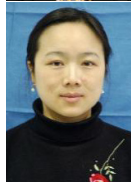
- 学报(自然科学版), 2017, 38(1): 76–80.
- NIE K. Using GC-mass spectrometry to detect flavors in natural coconut juice [J]. J Henan Univ Technol (Nat Sci Ed), 2017, 38(1): 76–80.
- [12] 陈静, 段国霞, 刘丽君, 等. 高效液相色谱法快速测定乳与乳制品中 4 种香兰素类化合物[J]. 乳业科学与技术, 2020, 43(1): 19–24.
- CHEN J, DUAN GX, LIU LJ, *et al.* Rapid determination of four vanillin compounds in milk and dairy products by high performance liquid chromatography [J]. J Sci Technol, 2020, 43(1): 19–24.
- [13] 孙雪梅, 许强, 孙晓萌, 等. 高效液相色谱法同时测定奶味饮料中的香兰素和乙基香兰素[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(17): 6023–6027.
- SUN XM, XU Q, SUN XM, *et al.* Simultaneous determination of vanillin and ethyl-vanillin in milk-taste-drink by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(17): 6023–6027.
- [14] 迟秋池, 李晓雯, 何家今, 等. 高效液相色谱法同时测定豆浆中麦芽酚、乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素 5 种香料[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(7): 2690–2695.
- CHI QC, LI XW, HE JJ, *et al.* Simultaneous determination of maltol, ethyl maltol, vanillin, methyl vanillin and ethyl vanillin in soya bean by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(7): 2690–2695.
- [15] 金海涛, 马健瑜, 王晓珣, 等. 高效液相色谱法同时测定香兰素与邻位香兰素[J]. 分析测试学报, 2011, 30(2): 222–224.
- JIN HT, MA JY, WANG XX, *et al.* Simultaneous determination of vanillin and o-vanillin by high performance liquid chromatography [J]. J Instrum Anal, 2011, 30(2): 222–224.
- [16] 林灵超, 吴方圆. 高效液相色谱法同时测定牛奶中的香兰素与乙基香兰素[J]. 化学分析计量, 2013, 22(2): 60–62.
- LIN LC, WU FY. Simultaneous determination of vanillin and o-vanillin in milk by high performance liquid chromatography [J]. Chem Anal Met, 2013, 22(2): 60–62.
- [17] GUNNER SW, HAND B, SAHASRABUDHE M. Determination of maltol and ethyl maltol in apple juice by gas-liquid chromatography [J]. J Assoc Anal Chem, 2020, (5): 5.
- [18] 吴秉宇, 费婷, 罗辰, 等. 固相萃取-气相色谱/质谱联用法测定卷烟主流烟气中的香兰素和乙基香兰素[J]. 分析实验室, 2020, 39(1): 77–81.
- WU BY, FEI T, LUO C, *et al.* Determination of vanillin and ethyl vanillin in mainstream cigarette smoke by solid phase extraction-gas chromatography/mass spectrometry [J]. Chin J Anal Lab, 2020, 39(1): 77–81.
- [19] 陈柯星, 柯华, 林捷. 食品中乙基麦芽酚的气相色谱分析方法研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(11): 2629–2630.
- CHEN KX, KE H, LIN J. Study on gas chromatographic analysis method of ethyl maltol in food [J]. China J Health Lab Technol, 2011, 21(11): 2629–2630.
- [20] 郭国贤. 气相色谱法测定饲料中 9 种香味剂含量的研究[J]. 检测分析, 2019, 9: 29–32.
- GUO GX. Study on the determination of nine flavoring agents in feed by gas chromatography [J]. Detect Anal, 2019, 9: 29–32.
- [21] 聂鲲. 固相萃取柱净化-气相色谱法测定椰汁中 4 种香精[J]. 食品科技, 2016, 41(11): 266–268.
- NIE K. Determination of four flavors in coconut juice by solid phase extraction column purification-gas chromatography [J]. Food Sci Technol, 2016, 41(11): 266–268.
- [22] 佟世生, 聂鲲, 周相娟. 气相色谱法测定椰汁饮料中椰醛[J]. 中国卫生检验杂志, 2016, 26(11): 1546–1547.
- TONG SS, NIE K, ZHOU XJ. Determination of nonanolactone in coconut milk by gas chromatography [J]. China J Health Lab Technol, 2016, 26(11): 1546–1547.

(责任编辑: 郑丽 张晓寒)

作者简介



路露, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品检测与安全。
E-mail: lulu56578647@163.com



周相娟, 博士, 正高级工程师, 主要研究方向为食品检测与安全。
E-mail: zhouxjthy@sina.com