

气相色谱-质谱联用法测定化妆品中81种香料组分

梁柱业, 肖树雄, 李杨杰*

(国家药品监督管理局化妆品监管科学创新研究基地/广东省药品检验所, 广东 广州 510663)

摘要: 建立了气相色谱-质谱联用同时检测化妆品中81种香料组分含量的分析方法。样品以乙酸乙酯为溶剂超声提取, 以DB-WAX毛细管色谱柱(30 m×0.32 mm×0.50 μm)进行分析, 采用选择离子监测模式进行测定, 根据保留时间和特征离子的相对丰度比定性, 以定量离子峰面积定量, 以内标法计算含量。81种香料组分在0.5~10 mg/L范围内线性关系良好($r^2>0.99$), 检出限(LOD)为1.0~3.0 mg/kg, 定量下限(LOQ)为3.3~10 mg/kg。在10、40、100 mg/kg加标水平下, 水基类、膏霜类、油基类3种基质中的回收率为80.2%~123%, 相对标准偏差(RSD)为0.80%~7.5%($n=6$)。该方法操作简单、实用性好、灵敏准确, 可应用于化妆品中81种香料组分的含量检测。

关键词: 化妆品; 香料组分; 气相色谱-质谱联用法; 含量测定

中图分类号: O657.7; TQ658 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4957(2026)06-0001-09

Determination of 81 Fragrance Components in Cosmetics by Gas Chromatography-Mass Spectrometry

LIANG Zhu-ye, XIAO Shu-xiong, LI Yang-jie*

(NMPA Center for Innovation and Research in Regulatory Science/Guangdong Institute for Drug Control, Guangzhou 510663, China)

Abstract: A gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) method was developed for the simultaneous determination of 81 fragrance components in cosmetics. Samples were extracted with ethyl acetate by ultrasonically assisted procedure. The chromatographic separation was performed on a DB-WAX capillary column (30 m×0.32 mm×0.50 μm). Data acquisition was carried out in selected ion monitoring (SIM) mode, and quantification was achieved using an internal standard method. The 81 fragrance components had a good linear relationship ($r^2>0.99$) in the range of 0.5–10 mg/L, the limits of detection (LODs) ranged from 1.0 mg/kg to 3.0 mg/kg and the limits of quantification (LOQs) ranged from 3.3 mg/kg to 10 mg/kg. The average recoveries were in the range of 80.2%–123% at the spiked levels of 10, 40, 100 mg/kg, and the relative standard deviations (RSDs) was in the range of 0.80%–7.5% ($n=6$). The method was proved to be simple, practical, and accurate, making it suitable for the determination of 81 fragrance components in cosmetics.

Key words: cosmetics; fragrance components; gas chromatography-mass spectrometry; determination

化妆品已成为人们追求美好生活的必需品, 其中香料是化妆品中重要的原料之一。添加香料可掩盖其他化学成分的气味, 有助于提高消费者的体验感, 还可给消费者带来愉悦的嗅觉感受从而增强一些功能性的联想。然而, 研究发现香料、色素和防腐剂是接触性皮炎的“三大主要诱因”, 其中香料引发的过敏反应较多, 占有过敏案例的三分之一^[1-3]。香料添加种类和含量水平的检测是化妆品安全性研究的技术基础, 因此易致敏香料检测方法需要在覆盖范围和检测能力上进一步完善。

欧盟化妆品法规(EC)1223/2009对化妆品中易致敏香料的标注要求进行了明确规定, 如果限用物质清单(附录Ⅲ)原26种易致敏香料(包括树苔提取物、橡苔提取物和24种单一化学成分)在驻留类产品中的含量达到0.001%及以上, 或在淋洗类产品中的含量达到0.01%及以上, 则必须在化妆品标签上予

收稿日期: 2025-12-11; 修回日期: 2026-04-08

基金项目: 广东省药品监督管理局科技创新项目(2023YDZ07, 2025YDZ15); 甘肃省药品监督管理局甘肃省药品科研项目(2021GSMPA0014)

* 通讯作者: 李杨杰, 博士, 主任药师, 研究方向: 化妆品检验检测研究, E-mail: 673510709@qq.com

以单独标注^[4]。随后因新铃兰醛和丁苯基甲基丙醛(铃兰醛)被列入禁用物质清单(附录Ⅱ),需单独标注的易致敏香料减少为24种^[5-6]。2023年7月,欧盟对法规进行了重大修订,将附录Ⅲ中的易致敏香料清单从24种扩展至81种,新增了30种单一化学成分(如蒎烯、檀香醇、龙涎酮等)和27种组成复杂的天然提取物(如杂薰衣草油、蓝桉叶油、马鞭草油等)。此外,法规还对部分新增物质的使用范围作出了限定,如6-甲基香豆素仅限用于口腔产品^[7]。

当前,国际检测标准正加速迭代。欧盟最新版的EN 16274:2021标准已在原2012版检测24种禁用易致敏香料(包括新铃兰醛和铃兰醛)的基础上,将检测目标物总数扩充至57种,但并未涵盖组成复杂的提取物、油等^[7-8]。而国内现有研究方法最高仅覆盖28种香料组分^[9-10],我国现行标准《化妆品安全技术规范》^[11]仅收录了40种组分,该清单虽已完全覆盖EN 16274:2012的旧版清单,但与欧盟新版标准相比已形成显著的检测盲区,难以应对当前日益复杂的化妆品香料带来的潜在致敏风险。

为填补这一技术空白,本研究建立了一种基于气相色谱-质谱联用的高通量检测方法,首次实现了化妆品中81种香料组分的同时检测。本方法在欧盟标准2021版57种基础上,进一步将筛查范围扩展至《化妆品安全技术规范》、GB/T 22731-2022《日用香精》、欧盟化妆品法规(EC)1223/2009、欧盟消费品科学委员会意见(SCCS/1459/11)等^[11-15]所提及具有潜在风险的易致敏香料,新增的24种香料包括丙烯酸乙酯、反式-2-丁烯酸甲基酯、5-甲基-2,3-己二酮、反式-2-庚烯醛、烯丙基芥子油、二甲基柠檬酸酯、马来酸二乙酯、苜蓿基氰、4-苯基丁-3-烯-2-酮、百秋李醇、环十五烷酮、4-叔丁基苯酚、对羟基茴香醚、乙酰基六甲基四氢化萘、黄葵内酯、4-乙氧基苯酚、麝香二甲苯、葵子麝香、6-甲基香豆素、二苯胺、巴西基酸乙二醇环酯、酮麝香、7-甲氧基香豆素、7-乙氧基-4-甲基香豆素^[16-19],为化妆品致敏风险管控提供了更全面、更具前瞻性的技术支撑。

1 实验部分

1.1 试剂与材料

81种香料组分购于广州硕谱生物科技有限公司。除了 β -石竹烯(88.8%)、 β -大马酮(90.5%)、 α -异甲基紫罗兰酮(67.5%)、黑檀醇(91.5%)、龙涎酮(91.2%)、檀香醇(70.0%)外,其余香料的含量均大于95.0%。

2种内标物质:1,4-二溴苯(99.5%)和4,4'-二溴联苯(98.6%)购于广州硕谱生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

TQ8050型气相色谱-质谱联用仪(Shimadzu公司);DB-WAX色谱柱(30 m \times 0.32 mm \times 0.50 μ m, Agilent公司);XS204TS型和MS205DU型电子天平(Mettler公司);X3R型离心机(ThermoFisher公司);S300H型超声波清洗仪(Elma公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 标准溶液制备 混合标准储备液:分别精密称取81种香料组分对照品各10 mg(精确至0.1 mg)于同一10 mL容量瓶中,以乙酸乙酯振荡溶解并定容至刻度,配制成约1 000 mg/L的混合标准储备液,于冰箱中保存备用。

混合内标溶液:分别精密称取1,4-二溴苯和4,4'-二溴联苯10 mg(精确至0.1 mg)于同一10 mL容量瓶中,以乙酸乙酯溶解并定容至刻度,配制成约1 000 mg/L的内标溶液。

标准工作溶液:分别移取适量的混合标准储备液于10 mL容量瓶中,用乙酸乙酯稀释至刻度,得到100 mg/L混合标准溶液。分别准确移取适量混合标准溶液,移取0.1 mL质量浓度为1 000 mg/L的内标溶液至同一容量瓶,用乙酸乙酯稀释,配制成质量浓度为0.20、0.50、1.0、2.0、5.0、10 mg/L的混合标准工作溶液。

1.3.2 样品前处理 称取0.5 g样品(精确至0.1 mg)于10 mL具塞比色管中,准确移取0.1 mL质量浓度为1 000 mg/L的内标溶液,加入8 mL乙酸乙酯,涡旋振荡2 min,使试样与提取溶剂充分混匀,冰浴超声提取15 min,用乙酸乙酯稀释至刻度,摇匀,必要时以10 000 r/min离心15 min。上清液加入2 g无水硫酸钠脱水,经0.45 μ m滤膜过滤,滤液作为待测溶液备用(供试品溶液可根据实际浓度进行再稀释)。

1.3.3 仪器条件 气相色谱条件: DB-WAX毛细管色谱柱(30 m×0.32 mm, 0.50 μm); 进样口温度250 °C; 不分流进样; 载气为高纯氮气(99.999%); 进样体积为1.0 μL, 流速为2.0 mL/min, 柱温程序: 起始温度40 °C保持2 min, 以5 °C/min升温至240 °C, 保持18 min。

质谱条件: 电子轰击电离(EI)源; 电子能量70 eV; 离子源温度230 °C; 传输线温度250 °C; 采集模式为选择离子监测(SIM); 溶剂延迟2 min。各化合物的保留时间及质谱采集参数如表1所示, 带#号为本方法新增的组分。

表1 81种香料组分和2种内标物质的相关信息及质谱参数

Table 1 Chemical information and mass spectrometry parameters of 81 fragrance components and 2 internal standards

No.	Compound	New analyte	CAS	Retention time/min	SIM ions(<i>m/z</i>)
1	Ethyl acrylate(丙烯酸乙酯)	#	140-88-5	4.61	55 [*] , 99, 73
2	Pinene alpha(蒎烯)		80-56-8	4.98	93 [*] , 91, 92
3	Methyl <i>trans</i> -2-butenoate(反式-2-丁烯酸甲基酯)	#	623-43-8	7.01	69 [*] , 85, 100
4	Pinene beta(β-蒎烯)		127-91-3	7.22	93 [*] , 79, 91
5	5-Methyl-2, 3-hexanedione(5-甲基-2, 3-己二酮)	#	13706-86-0	8.41	57 [*] , 85, 128
6	Terpinene alpha(α-松油烯)		99-86-5	8.98	121 [*] , 93, 136
7	Limonene(柠檬烯)		5989-27-5	9.51	93 [*] , 121, 136
8	Terpinolene(萜品油烯)		586-62-9	11.85	93 [*] , 121, 136
9	<i>Trans</i> -2-heptenal(反式-2-庚烯醛)	#	18829-55-5	13.06	55 [*] , 83, 70
10	Allyl isothiocyanate(烯丙基芥子油)	#	57-06-7	14.21	99 [*] , 72, 100
11	Camphor(樟脑)		76-22-2	18.11	95 [*] , 81, 108
12	Benzaldehyde(苯甲醛)		100-52-7	18.45	106 [*] , 105, 77
13	Linalool(芳樟醇)		78-70-6	18.89	71 [*] , 93, 121
14	Linalyl acetate(乙酸芳樟酯)		115-95-7	19.11	93 [*] , 80, 121
15	Caryophyllene beta(β-石竹烯)		87-44-5	20.02	93 [*] , 91, 133
16	Menthol(薄荷醇)		89-78-1	21.11	71 [*] , 82, 138
17	Methyl 2-octynoate(2-辛炔酸甲酯)		111-12-6	21.43	95 [*] , 123, 111
18-1	Citral-1(柠檬醛异构体1)		5392-40-5	22.15	69 [*] , 94, 109
19	Salicylaldehyde(水杨醛)		90-02-8	22.21	122 [*] , 121, 65
20	Terpineol(萜品醇)		8000-41-7	22.49	59 [*] , 93, 121
21	Dimethyl citraconate(二甲基柠檬酸酯)	#	617-54-9	22.57	127 [*] , 59, 99
ISTD1	1, 4-Dibromobenzene(1, 4-二溴苯)		106-37-6	23.24	236 [*] , 155, 234
18-2	Citral-2(柠檬醛异构体2)		5392-40-5	23.32	69 [*] , 137, 84
22	Carvone(香芹酮)		99-49-0	23.37	82 [*] , 54, 108
23	Geranyl acetate(乙酸香叶酯)		105-87-3	23.82	68 [*] , 93, 67
24	Diethyl maleate(马来酸二乙酯)	#	141-05-9	24.03	99 [*] , 127, 100
25	Damascone delta(δ-突厥酮)		57378-68-4	24.04	69 [*] , 123, 192
26	Citronellol(香茅醇)		106-22-9	24.04	69 [*] , 95, 123
27	Dimethylbenzylcarbonyl acetate(乙酸二甲基苄基原酯)		151-05-3	24.22	132 [*] , 91, 59
28	Methyl salicylate(水杨酸甲酯)		119-36-8	24.41	120 [*] , 92, 152
29	Damascone alpha(α-突厥酮)		43052-87-5	24.62	69 [*] , 81, 123
30	Damascone beta(β-大马酮)		23726-91-2	25.16	177 [*] , 123, 81
31	Damascenone beta(突厥酮)		23696-85-7	25.29	69 [*] , 121, 120
32	Anethole(茴香脑)		104-46-1	25.49	148 [*] , 147, 117
33	Geraniol(香叶醇)		106-24-1	25.81	69 [*] , 93, 81
34	alpha-Isomethyl ionone(α-异甲基紫罗兰酮)		127-51-5	25.86	135 [*] , 150, 107
35-1	Ebanol-1(黑檀醇异构体1)		67801-20-1	26.52	121 [*] , 107, 93
36	Benzyl alcohol(苯甲醇)		100-51-6	26.59	79 [*] , 108, 107
37	Benzyl cyanide(苄基氰)	#	140-29-4	27.24	117 [*] , 90, 116
35-2	Ebanol-2(黑檀醇异构体2)		67801-20-1	27.72	121 [*] , 107, 93
38	Hydroxycitronellal(羟基香茅醛)		107-75-5	27.86	59 [*] , 71, 96
39-1	Amyl salicylate-1(水杨酸戊酯异构体1)		2050-08-0	29.81	120 [*] , 138, 121
40	Butylphenyl methylpropional(丁苯基甲基丙醛)		80-54-6	29.93	189 [*] , 147, 204
41	Cinnamal(肉桂醛)		104-55-2	29.94	131 [*] , 132, 103
42-1	Tetramethylacetyloctahydronaphthalene-1(龙涎酮异构体1)		54464-57-2	30.17	191 [*] , 109, 121
42-2	Tetramethylacetyloctahydronaphthalene-2(龙涎酮异构体2)		54464-57-2	30.54	191 [*] , 109, 121
39-2	Amyl salicylate-2(水杨酸戊酯异构体2)		2050-08-0	31.09	120 [*] , 138, 121
43	4-Phenylbut-3-en-2-one(4-苯基丁-3-烯-2-酮)	#	122-57-6	31.41	131 [*] , 145, 146
42-3	Tetramethylacetyloctahydronaphthalene-3(龙涎酮异构体3)		54464-57-2	31.51	135 [*] , 191, 121
44	Trimethyl-benzenepropanol(三甲基苯丙醇)		103694-68-4	31.59	106 [*] , 105, 91

(续表 1)

No.	Compound	New analyte	CAS	Retention time/min	SIM ions(<i>m/z</i>)
45	Eugenol(丁香酚)		97-53-0	32.36	164 ⁺ , 131, 103
46	Patchouli alcohol(百秋李醇)	#	5986-55-0	32.61	138 ⁺ , 83, 98
47	Acetyl cedrene alpha(甲基柏木酮)		32388-55-9	33.43	161 ⁺ , 119, 147
48	Amyl cinnamal(戊基肉桂醛)		122-40-7	33.93	129 ⁺ , 117, 145
49	Eugenyl acetate(丁香酚乙酸酯)		93-28-7	33.97	164 ⁺ , 149, 131
50	Cyclopentadecanone(环十五烷酮)	#	502-72-7	34.21	71 ⁺ , 125, 111
51	Anise alcohol(茴香醇)		105-13-5	34.41	138 ⁺ , 109, 121
52	Cinnamyl alcohol(肉桂醇)		104-54-1	34.49	92 ⁺ , 134, 115
53	4-tert-Butylphenol(4-叔丁基苯酚)	#	98-54-4	34.59	135 ⁺ , 107, 150
54-1	Galaxolide-1(六甲基茛苳并吡喃异构体 1)		1222-05-5	34.95	243 ⁺ , 213, 258
54-2	Galaxolide-2(六甲基茛苳并吡喃异构体 2)		1222-05-5	35.08	243 ⁺ , 213, 258
55-1	Farnesol-1(金合欢醇异构体 1)		4602-84-0	35.09	69 ⁺ , 81, 93
56-1	Santalo-1(檀香醇异构体 1)		11031-45-1	35.51	93 ⁺ , 94, 122
55-2	Farnesol-2(金合欢醇异构体 2)		4602-84-0	35.56	69 ⁺ , 81, 93
57	Isoeugenol(异丁香酚)		97-54-1	35.63	164 ⁺ , 131, 137
58	Hexyl cinnamal(己基肉桂醛)		101-86-0	35.71	129 ⁺ , 216, 117
59	Hexadecanolactone(十六内酯)		109-29-5	35.82	83 ⁺ , 97, 111
60	<i>p</i> -Hydroxyanisole(对羟基茴香醚)	#	150-76-5	36.55	109 ⁺ , 124, 81
61	Acetyl hexamethyl tetralin(乙酰基六甲基四氢化萘)	#	21145-77-7	36.65	187 ⁺ , 159, 201
62	Ambrettolide(黄葵内酯)	#	7779-50-2	36.71	67 ⁺ , 96, 95
63	Isoeugenyl acetate(异丁香酚乙酸酯)		93-29-8	36.88	164 ⁺ , 131, 149
56-2	Santalol-2(檀香醇异构体 2)		11031-45-1	36.93	94 ⁺ , 93, 122
64-1	3-Propylidene phthalide-1(3-正丙基茛苳苯酞异构体 1)		17369-59-4	36.99	159 ⁺ , 104, 174
65	4-Ethoxyphenol(4-乙氧基苯酚)	#	622-62-8	37.02	110 ⁺ , 138, 109
66	Coumarin(香豆素)		91-64-5	37.46	146 ⁺ , 118, 90
67	Hydroxyisohexyl-3-cyclohexene carbox aldehyde(新铃兰醛)		31906-04-4	37.75	136 ⁺ , 107, 192
64-2	3-Propylidene phthalide-2(3-正丙基茛苳苯酞异构体 2)		17369-59-4	38.71	159 ⁺ , 174, 104
68	Amylcinnamyl alcohol(戊基肉桂醇)		101-85-9	38.85	133 ⁺ , 148, 115
69	Musk xylene(麝香二甲苯)	#	81-15-2	38.93	282 ⁺ , 57, 128
70	Vanillin(香兰素)		121-33-5	39.29	151 ⁺ , 152, 81
71	4-tert-Butyl-3-methoxy-2, 6-dinitrotoluene(葵子麝香)	#	83-66-9	39.38	253 ⁺ , 91, 268
72	6-Methyl coumarin(6-甲基香豆素)	#	92-48-8	39.51	160 ⁺ , 132, 131
73	Diphenylamine(二苯胺)	#	122-39-4	39.96	169 ⁺ , 167, 141
74	Benzyl benzoate(苯甲酸苄酯)		120-51-4	40.31	105 ⁺ , 212, 194
75	Ethylene brassylate(巴西基酸乙二醇环酯)	#	105-95-3	42.49	98 ⁺ , 55, 86
76	Benzyl salicylate(水杨酸苄酯)		118-58-1	42.79	91 ⁺ , 228, 92
77	Musk ketone(酮麝香)	#	81-14-1	44.18	279 ⁺ , 294, 128
78	7-Methoxycoumarin(7-甲氧基香豆素)	#	531-59-9	45.83	176 ⁺ , 133, 148
ISTD2	4, 4'-Dibromobiphenyl(4, 4'-二溴联苯)		92-86-4	46.53	312 ⁺ , 152, 310
79	Sclareol(香紫苏醇)		515-03-7	50.17	95 ⁺ , 177, 109
80	Benzyl cinnamate(肉桂酸苄酯)		103-41-3	51.65	131 ⁺ , 91, 192
81	7-Ethoxy-4-methylcoumarin(7-乙氧基-4-甲基香豆素)	#	87-05-8	51.97	148 ⁺ , 204, 176

*quantitative ion

2 结果与讨论

2.1 分析条件的优化

2.1.1 色谱柱 本研究涉及的香料组分极性差异较大, 在相同仪器条件下对不同极性色谱柱进行考察, 当使用 DB-17MS 柱和 DB-35MS 柱时, 1 号化合物丙烯酸乙酯与提取溶剂不能达到有效分离。结果表明, 采用 DB-WAX 柱(聚乙二醇类毛细管柱)可覆盖较大的极性范围, 所有组分的峰形尖锐对称, 能达到基线分离, 对于个别共流出色谱峰, 通过提取特征离子可有效分离, 实现定性和定量分析, 故选用 DB-WAX 柱进行后续研究。81 种香料组分的总离子流图如图 1 所示。

2.1.2 内标物质的选择 内标法测定可显著提高进样精密密度, 并能有效消除样品提取过程和基质效应带来的误差。内标物的选择是关键。理想的内标物应是样品中原本不存在的物质, 化学性质与目标组分相近, 不与样品发生化学反应, 其色谱峰应尽可能位于目标组分之间, 且实现基线分离不与目标

峰重叠。本研究参考EN 16274: 2021^[8]使用双内标(1, 4-二溴苯或4, 4'-二溴联苯)。

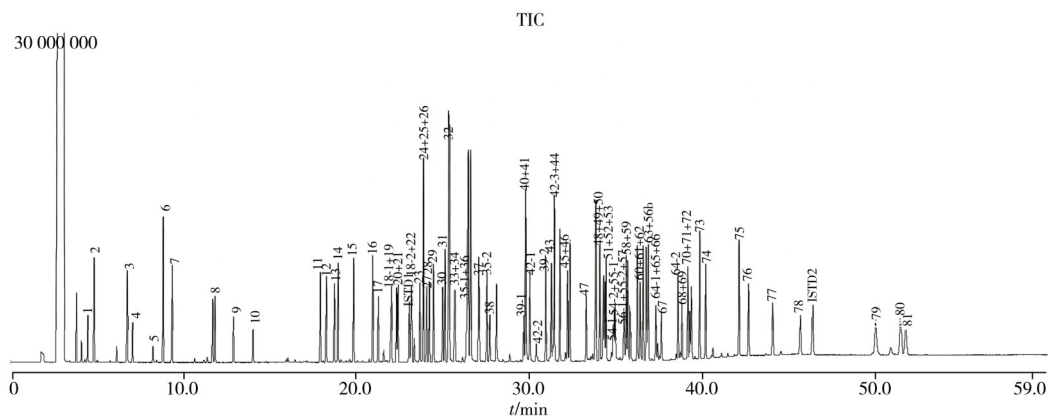


图1 81种香料组分的总离子流图

Fig. 1 Total ion chromatogram of 81 fragrance components mixed standard solution
the peak numbers denoted were the same as those in Table 1

2.2 前处理条件的优化

2.2.1 提取溶剂的选择 分别采用甲醇、乙醇、丙酮和乙酸乙酯进行提取,发现4种溶剂对化妆品的提取效率无显著差异;当使用甲醇或乙醇作提取溶剂时,水杨酸苄酯会裂解出苯甲醇,同理肉桂酸苄酯和苯甲酸苄酯也出现类似情况,而采用乙酸乙酯或丙酮作提取溶剂则无上述现象;丙酮的挥发性既不利于其作为储备液的溶剂,又不利于检验过程中对精密度和稳定性的考察。因此,本研究选用乙酸乙酯作为提取溶剂。

2.2.2 提取条件的选择 由于各组分的极性相差较大,因此采用氮气吹干和减压离心浓缩的方式处理供试品,丙烯酸乙酯、 β -石竹烯、苯甲醇等组分的回收率显著降低,可能与香料组分的挥发性有关,故最终选择直接溶剂提取的方式。为保护气相色谱柱,加入无水硫酸钠脱水步骤。

2.3 基质效应

采用空白样品添加标准物质的方法进行基质效应(ME)考察。分别配制基质溶液与相同浓度的标准溶液,在相同条件下进行分析。基质效应的计算公式为 $ME=(P_m/P_s-1)\times 100\%$ ^[20]。式中,ME为基质溶液中目标物的基质效应; P_s 和 P_m 分别为相同浓度下标准溶液和基质标准溶液的响应值。本实验中81种香料组分在水基类、膏霜类、油基类3种基质中的|ME|均小于20%,表明基质效应很弱。

2.4 线性范围、检出限与定量下限

取“1.3.1”的81种香料组分混合标准溶液,在“1.3.3”色谱条件下进行分析。取“1.3.1”的混合标准工作溶液依次测定,以目标物与内标物的质量浓度比为横坐标,目标物与内标物的峰面积比为纵坐标,进行线性回归,建立标准曲线。结果显示,81种香料组分在0.5~10 mg/L范围内具有良好的线性关系,相关系数(r^2)大于0.99。以信噪比(S/N)大于3确定检出限,以S/N大于10确定定量下限,得到81种香料组分的检出限为1.0~3.0 mg/kg,定量下限为3.3~10 mg/kg。

2.5 回收率与相对标准偏差

为验证方法准确性,选择水基类、膏霜类、油基类3种空白样品制备3个水平的加标样品,每个加标水平分别进行6次平行实验,被测组分的回收率及相对标准偏差(RSD)结果见表2。81种香料组分的平均加标回收率为80.2%~123%,RSD为0.80%~7.5%($n=6$)。该方法具有良好的准确度与精密度,可以满足实际样品检测的要求。

表2 81种香料组分的加标回收率和相对标准偏差

Table 2 Spiked recoveries and RSDs of 81 fragrance components

No.	Spiked/ ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Water aqua			Cream			Oil			
		Recovery/%			RSD/%			Recovery/%			RSD/%
1	10, 40, 100	92.7, 99.6, 99.8	3.2, 2.3, 1.0	113, 96.1, 102	2.0, 1.9, 2.5	115, 108, 99.2	5.6, 4.0, 3.2				
2	10, 40, 100	106, 102, 105	3.4, 3.2, 3.0	101, 97.9, 104	4.0, 2.0, 3.2	110, 104, 102	3.8, 3.3, 3.0				
3	10, 40, 100	113, 108, 106	3.9, 2.9, 4.1	102, 97.6, 95.7	4.2, 2.1, 5.1	97.2, 91.2, 95.4	3.6, 2.9, 2.0				

(续表2)

No.	Spiked/ (mg·kg ⁻¹)	Water aqua		Cream		Oil	
		Recovery/%	RSD/%	Recovery/%	RSD/%	Recovery/%	RSD/%
4	10, 40, 100	116, 118, 108	3.9, 5.2, 2.4	103, 98.9, 101	3.7, 1.9, 3.1	112, 113, 105	5.6, 4.1, 3.3
5	10, 40, 100	113, 107, 103	3.9, 5.1, 3.8	113, 99.1, 105	4.9, 2.9, 3.2	99.6, 110, 102	2.8, 3.9, 3.2
6	10, 40, 100	124, 108, 112	2.9, 2.8, 3.2	116, 101, 104	6.1, 1.4, 3.1	96.6, 98.8, 96.5	5.2, 3.2, 2.1
7	10, 40, 100	110, 104, 110	3.9, 3.1, 4.7	102, 97.1, 106	3.2, 2.7, 3.1	113, 102, 104	2.8, 3.6, 1.9
8	10, 40, 100	114, 105, 109	7.2, 3.2, 2.9	104, 97.7, 105	3.9, 0.80, 3.4	108, 95.3, 98.9	4.4, 2.0, 2.2
9	10, 40, 100	104, 107, 111	3.3, 2.2, 5.0	98.2, 96.5, 105	4.3, 4.4, 3.9	112, 113, 95.1	2.9, 4.2, 3.6
10	10, 40, 100	108, 112, 106	3.2, 3.7, 2.5	98.8, 99.4, 105	2.7, 1.7, 3.2	93.3, 97.2, 98.9	6.1, 2.9, 3.3
11	10, 40, 100	109, 108, 104	4.5, 3.6, 2.1	98.6, 101, 105	6.0, 1.7, 3.1	110, 104, 105	4.2, 3.6, 4.4
12	10, 40, 100	100, 112, 105	3.6, 3.7, 1.8	95.5, 99.8, 105	5.0, 1.3, 3.2	106, 93.3, 98.1	4.5, 3.9, 3.7
13	10, 40, 100	108, 103, 112	3.2, 4.6, 2.1	93.3, 104, 105	5.0, 3.1, 3.3	87.2, 93.4, 109	3.7, 4.2, 1.2
14	10, 40, 100	105, 105, 109	2.9, 4.5, 5.5	109, 102, 105	1.0, 2.2, 3.0	121, 96.7, 99.7	2.2, 2.3, 4.0
15	10, 40, 100	102, 104, 108	3.3, 3.9, 2.9	98.8, 103, 103	1.7, 2.0, 3.2	103, 99.6, 98.7	2.8, 4.3, 4.2
16	10, 40, 100	108, 110, 102	6.7, 3.7, 3.7	99.7, 105, 104	4.0, 3.2, 2.8	102, 104, 88.9	3.8, 3.2, 2.9
17	10, 40, 100	109, 102, 107	6.2, 2.8, 4.9	109, 99.8, 106	5.0, 3.5, 3.3	103, 120, 111	5.4, 3.5, 3.9
18	10, 40, 100	108, 104, 108	4.9, 5.0, 2.9	106, 99.8, 104	5.8, 1.7, 3.4	109, 112, 121	4.7, 2.7, 3.0
19	10, 40, 100	102, 112, 109	3.4, 3.8, 3.6	99.7, 108, 107	6.2, 1.1, 2.8	103, 107, 96.8	5.3, 2.4, 5.4
20	10, 40, 100	107, 105, 116	3.9, 2.8, 4.3	96.5, 107, 105	5.8, 2.1, 3.0	104, 110, 96.6	4.8, 3.5, 2.0
21	10, 40, 100	120, 106, 101	3.7, 4.2, 4.3	95.2, 102, 104	2.8, 1.4, 2.6	87.3, 93.2, 92.1	3.5, 3.9, 4.7
22	10, 40, 100	103, 103, 112	5.8, 4.3, 4.1	95.8, 103, 105	4.3, 2.1, 2.7	104, 96.7, 102	5.6, 2.9, 5.2
23	10, 40, 100	102, 112, 115	3.8, 5.2, 2.9	94.5, 102, 103	3.8, 1.9, 2.1	103, 110, 95.6	3.7, 5.2, 4.9
24	10, 40, 100	109, 104, 98	3.7, 2.7, 2.7	94.2, 103, 105	3.6, 1.3, 3.2	108, 95.3, 94.7	3.8, 3.5, 5.1
25	10, 40, 100	111, 105, 101	4.3, 2.6, 3.3	105, 97.2, 102	4.3, 3.5, 2.8	102, 108, 100	3.4, 4.7, 5.3
26	10, 40, 100	110, 109, 123	1.9, 4.3, 2.0	105, 99.2, 107	3.2, 2.1, 2.6	99.6, 103, 105	2.9, 4.6, 3.7
27	10, 40, 100	109, 112, 96.6	5.7, 2.2, 1.6	93.2, 103, 103	3.8, 1.7, 2.9	105, 120, 112	4.8, 3.9, 3.7
28	10, 40, 100	87.6, 88.8, 102	3.2, 3.4, 2.8	89.8, 104, 105	2.2, 1.3, 2.5	95.5, 94.7, 105	2.0, 3.2, 4.0
29	10, 40, 100	92.2, 93.2, 97.7	4.3, 4.7, 2.5	93.8, 103, 103	3.7, 1.7, 2.5	102, 90.3, 87.2	4.7, 3.9, 3.1
30	10, 40, 100	86.5, 95.1, 88.2	2.7, 3.6, 2.7	98.4, 102, 103	3.9, 1.2, 2.7	103, 101, 88.9	3.8, 5.2, 1.8
31	10, 40, 100	102, 93.2, 96.2	3.8, 3.6, 2.9	91.1, 106, 102	4.5, 1.7, 2.0	103, 108, 95.7	3.0, 4.5, 5.0
32	10, 40, 100	96.7, 88.4, 92.3	3.0, 3.4, 4.2	86.4, 102, 103	3.8, 1.7, 2.0	94.5, 102, 94.2	3.8, 3.0, 4.3
33	10, 40, 100	108, 102, 92.7	3.4, 3.1, 1.6	93.4, 104, 104	3.9, 2.2, 1.9	86.4, 84.2, 103	3.2, 4.1, 2.7
34	10, 40, 100	83.2, 85.5, 98.3	4.9, 2.9, 4.3	86.9, 102, 102	4.7, 1.6, 1.8	94.4, 87.2, 93.3	1.6, 3.7, 4.7
35	10, 40, 100	82.1, 84.2, 98.5	3.1, 2.1, 3.7	96.3, 104, 103	3.8, 2.8, 1.6	86.6, 84.3, 99.7	3.9, 5.7, 4.2
36	10, 40, 100	90.1, 107, 94.1	4.7, 5.2, 3.8	89.2, 105, 106	5.3, 2.2, 1.5	89.1, 84.4, 89.2	2.4, 4.6, 3.1
37	10, 40, 100	85.5, 93.9, 86.7	3.8, 5.6, 5.2	91.8, 103, 104	4.6, 2.0, 2.0	99.3, 94.3, 106	4.7, 3.2, 3.6
38	10, 40, 100	89.3, 96.1, 89.5	4.8, 3.8, 5.0	84.6, 93.7, 98.1	3.1, 3.3, 3.8	80.2, 88.8, 93.2	3.2, 4.3, 3.8
39	10, 40, 100	105, 104, 92.1	4.4, 3.0, 3.7	92.8, 107, 105	3.7, 1.6, 1.5	87.4, 95.7, 94.5	2.6, 4.1, 3.1
40	10, 40, 100	87.2, 91.1, 94.6	3.6, 3.7, 5.2	87.4, 106, 100	2.9, 3.1, 3.4	103, 87.2, 84.1	3.0, 2.2, 3.3
41	10, 40, 100	104, 109, 94.3	4.8, 4.0, 2.8	98.1, 105, 104	2.9, 1.9, 1.8	109, 93.6, 89.3	2.9, 2.0, 4.5
42	10, 40, 100	121, 93.7, 85.2	1.8, 3.3, 4.4	87.5, 106, 104	2.8, 3.1, 2.0	89.1, 102, 109	4.7, 3.4, 3.0
43	10, 40, 100	84.3, 87.5, 98.4	5.4, 6.2, 3.8	93.3, 107, 99.1	4.6, 1.9, 1.7	103, 111, 119	4.9, 4.7, 5.3
44	10, 40, 100	83.3, 87.2, 98.8	3.8, 4.0, 1.4	87.6, 105, 104	4.3, 1.9, 1.9	94.5, 84.2, 102	4.7, 4.8, 2.3
45	10, 40, 100	94.4, 99.9, 108	3.9, 3.8, 4.9	95.1, 110, 107	5.8, 1.4, 2.0	93.1, 98.5, 108	2.2, 3.2, 4.9
46	10, 40, 100	82.3, 87.7, 94.4	5.7, 4.1, 4.2	98.1, 106, 113	4.4, 2.5, 2.4	95.5, 98.1, 108	4.9, 6.7, 2.2
47	10, 40, 100	109, 93.9, 110	3.1, 3.2, 2.4	88.9, 105, 103	2.0, 1.7, 2.4	94.9, 104, 87.5	4.0, 5.9, 3.9
48	10, 40, 100	109, 103, 99.3	5.3, 3.9, 2.0	94.3, 105, 103	3.0, 1.9, 2.3	88.8, 81.2, 95.4	4.9, 4.1, 3.1
49	10, 40, 100	93.2, 94.1, 106	3.2, 4.6, 3.9	91.1, 108, 104	4.7, 1.7, 1.8	84.4, 102, 93.7	2.9, 4.1, 3.2
50	10, 40, 100	95.4, 89.4, 104	2.9, 4.9, 4.7	88.8, 102, 102	4.8, 3.3, 2.4	96.9, 99.1, 89.2	3.2, 3.2, 4.2
51	10, 40, 100	99.3, 102, 95.9	2.4, 2.0, 3.0	92.9, 107, 105	3.2, 1.5, 1.8	102, 107, 94.4	3.2, 3.1, 4.1
52	10, 40, 100	103, 110, 113	3.9, 2.9, 3.1	93.2, 101, 106	3.2, 4.5, 2.6	94.2, 109, 93.1	3.7, 4.5, 4.4
53	10, 40, 100	85.3, 84.3, 94.1	4.2, 2.8, 4.1	83.7, 104, 105	4.4, 2.1, 1.7	94.2, 102, 104	5.2, 4.1, 3.3
54	10, 40, 100	110, 94.3, 94.8	3.3, 1.3, 1.9	90.1, 107, 101	3.3, 2.5, 1.4	94.9, 92.3, 99.1	3.2, 4.5, 6.4
55	10, 40, 100	94.7, 112, 94.2	3.1, 3.1, 3.3	89.1, 114, 107	3.2, 3.6, 4.8	95.1, 83.3, 94.2	3.1, 4.2, 4.7
56	10, 40, 100	93.9, 94.9, 105	4.2, 5.0, 3.9	82.2, 104, 103	4.1, 4.7, 1.9	80.4, 84.3, 83.2	2.8, 4.2, 3.9
57	10, 40, 100	83.1, 87.6, 84.4	2.1, 3.0, 4.8	93.1, 100, 111	3.1, 2.1, 1.5	89.1, 93.2, 101	2.9, 4.9, 2.9
58	10, 40, 100	103, 92.3, 94.4	3.2, 2.9, 4.8	102, 107, 101	2.6, 2.4, 2.3	94.1, 97.3, 93.2	3.8, 2.9, 2.0
59	10, 40, 100	94.7, 89.9, 93.2	4.9, 2.1, 3.4	112, 101, 105	4.2, 6.3, 4.2	89.1, 94.7, 103	4.3, 4.8, 3.9
60	10, 40, 100	102, 107, 93.7	3.2, 3.0, 2.9	93.2, 107, 107	3.2, 1.8, 1.9	90.3, 95.5, 102	4.8, 3.0, 2.1
61	10, 40, 100	93.1, 94.2, 103	3.2, 4.5, 3.6	110, 105, 111	4.6, 2.4, 1.2	96.7, 102, 94.1	4.9, 4.8, 4.0
62	10, 40, 100	104, 103, 94.8	4.6, 3.7, 2.9	120, 103, 104	5.3, 2.3, 1.1	98.8, 93.1, 91.1	5.8, 3.9, 3.6

(续表2)

No.	Spiked/ (mg·kg ⁻¹)	Water aqua		Cream		Oil	
		Recovery/%	RSD/%	Recovery/%	RSD/%	Recovery/%	RSD/%
63	10, 40, 100	92.1, 104, 94.3	3.9, 2.2, 3.2	92.2, 106, 104	4.3, 2.0, 1.5	91.9, 84.9, 107	4.4, 5.8, 3.0
64	10, 40, 100	107, 104, 94.2	5.2, 3.0, 5.9	99.1, 108, 107	4.2, 1.4, 1.5	94.3, 93.3, 90.1	2.0, 3.2, 3.1
65	10, 40, 100	109, 112, 91.9	3.0, 2.0, 3.2	93.1, 105, 104	3.9, 2.0, 1.6	94.3, 103, 94.7	5.3, 2.8, 4.7
66	10, 40, 100	117, 103, 95.1	3.2, 2.8, 2.8	94.3, 105, 105	2.0, 4.9, 1.9	89.6, 98.1, 94.1	3.2, 3.0, 3.7
67	10, 40, 100	93.1, 94.1, 89.3	2.7, 1.9, 4.2	93.5, 106, 104	3.2, 2.3, 1.6	99.3, 105, 93.3	4.2, 3.5, 4.2
68	10, 40, 100	103, 94.5, 90.1	4.7, 3.7, 4.3	102, 109, 104	3.2, 4.2, 4.2	90.4, 96.1, 105	4.9, 1.5, 3.9
69	10, 40, 100	108, 102, 98.2	2.9, 3.2, 3.6	94.2, 107, 99.2	3.2, 2.4, 2.3	99.1, 94.8, 89.3	4.0, 4.2, 3.9
70	10, 40, 100	94.2, 94.1, 109	4.4, 3.4, 1.7	93.2, 107, 105	4.0, 5.1, 1.6	103, 94.2, 94.6	4.0, 4.9, 3.9
71	10, 40, 100	87.2, 93.1, 109	3.3, 3.1, 2.0	87.7, 105, 99.3	3.1, 2.7, 2.0	89.1, 93.1, 96.3	3.6, 4.2, 4.4
72	10, 40, 100	107, 92.7, 103	3.9, 3.3, 2.3	80.2, 103, 105	3.1, 2.5, 2.4	102, 94.1, 102	3.0, 4.2, 5.4
73	10, 40, 100	99.3, 89.3, 103	4.3, 2.7, 3.7	84.3, 104, 103	4.2, 1.3, 1.6	93.1, 94.7, 90.1	3.2, 4.0, 4.4
74	10, 40, 100	85.3, 85.3, 99.4	4.3, 4.3, 5.3	90.1, 105, 104	4.9, 2.6, 1.9	99.3, 103, 93.4	2.9, 4.2, 3.0
75	10, 40, 100	109, 120, 113	4.9, 3.9, 3.9	96.1, 113, 108	3.2, 1.0, 6.1	94.3, 103, 113	4.9, 2.9, 3.9
76	10, 40, 100	83.2, 84.3, 94.1	2.9, 3.0, 2.9	92.6, 107, 106	4.3, 2.0, 1.9	95.4, 90.5, 94.2	3.0, 3.4, 3.4
77	10, 40, 100	102, 89.3, 99.4	2.0, 4.0, 4.1	94.4, 103, 103	5.2, 2.7, 2.0	87.2, 102, 89.8	2.1, 3.2, 4.5
78	10, 40, 100	103, 102, 94.1	2.3, 2.3, 2.8	86.5, 99.8, 103	4.4, 2.8, 1.8	93.1, 88.3, 90.1	6.2, 3.8, 2.9
79	10, 40, 100	99.2, 103, 93.6	3.8, 3.1, 2.1	110, 106, 107	3.6, 7.5, 2.2	98.2, 89.2, 85.1	3.6, 3.0, 4.2
80	10, 40, 100	102, 92.3, 95.6	3.2, 6.0, 3.8	98.7, 99.4, 103	2.5, 2.3, 1.8	90.3, 103, 93.2	4.4, 4.7, 5.2
81	10, 40, 100	87.2, 83.2, 86.9	3.0, 2.1, 4.0	92.1, 100, 103	2.3, 1.8, 1.7	90.9, 87.3, 86.5	4.4, 2.0, 3.0

the peak numbers denoted were the same as those in Table 1

2.6 样品检测结果分析

采用本方法对56批次普通护肤类和38批次儿童护肤类化妆品进行检测, 其中60批次样品检出香料组分, 含量为4~6 701 mg/kg(见表3)。表3中带*号的组分为我国现行标准《化妆品安全技术规范》^[11]所收录的香料组分。

表3 实际样品中81种香料组分的检验结果

Table 3 Detected contents of 81 fragrance components in actual samples

Compound	Number of detected batches	Detection rate/%	Content/(mg·kg ⁻¹)
Linalool*	31	33.3	4~890
Limonene*	24	25.5	7~890
Galaxolide	21	22.3	8~332
Tetramethylacetyloctahydronaphthalene	19	20.2	5~1 222
Linalyl acetate	19	20.2	4~228
Terpineol	16	17	4~396
Benzyl salicylate*	14	14.9	4~175
Hexyl cinnamal*	13	13.8	6~642
alpha-Isomethyl ionone*	11	11.7	8~359
Benzyl benzoate*	9	9.6	4~1 123
Geraniol*	8	8.5	9~106
Butylphenyl methylpropional*	8	8.5	5~80
Pinene beta	8	8.5	4~75
Benzyl alcohol*	8	8.5	5~35
Coumarin*	7	7.4	4~76
Hydroxycitronellal*	6	6.4	6~525
Pinene alpha	6	6.4	4~157
Benzaldehyde	6	6.4	5~21
Menthol	5	5.3	8~4 382
Eugenol*	5	5.3	5~317
Musk ketone	4	4.3	16~301
Acetyl cedrene alpha	4	4.3	11~48
Terpinene alpha	3	3.2	7~133
Terpinolene	3	3.2	39~86
Caryophyllene beta	3	3.2	13~37
Geranyl acetate	3	3.2	8~24
Cinnamyl alcohol	3	3.2	12~17
Methyl salicylate	2	2.1	34~6 701
Camphor	2	2.1	76~4 312

(续表 3)

Compound	Number of detected batches	Detection rate/%	Content/(mg·kg ⁻¹)
Carvone	2	2.1	85~91
Vanillin	2	2.1	11~28
Ambrettolide	2	2.1	9~18
Amyl salicylate	2	2.1	10~17
Dimethylbenzylcarbinyl acetate	2	2.1	10~13
Damascenone beta	2	2.1	4~4
Damascenone delta	1	1.1	10
Trimethyl-benzenepropanol	1	1.1	17
Amyl cinnamal [*]	1	1.1	50
Anise alcohol [*]	1	1.1	29
Isoeugenol [*]	1	1.1	40
Hexadecanolactone	1	1.1	41
Hydroxyisohexyl 3-cyclohexene carbox aldehyde [*]	1	1.1	16

2.6.1 检出率 本研究对 94 批驻留类化妆品中香料组分的检出情况进行了统计。结果显示, 芳樟醇的检出率最高, 达 33.3%, 其次为苧烯、六甲基茛满并吡喃(佳乐麝香)、乙酸芳樟酯和龙涎酮, 以上组分的检出率均超过 20%, 而本方法新增组分中检出了酮麝香(4.3%)和黄葵内酯(2.1%), 这两个组分未被纳入我国现行标准或欧盟需单独标注清单。目前我国尚未对化妆品中单一香料组分设立强制标注要求^[21]。然而, 如果参照欧盟化妆品法规(EC)No 1223/2009 关于驻留类产品中 81 种易致敏香料的标注规定^[5-6], 除新增的酮麝香和黄葵内酯外, 其余 39 种组分在含量达到 0.001%(10 mg/kg)时需单独标注。

2.6.2 法规符合性分析 依据我国《化妆品禁用原料目录》(2021 版)及 GB/T 22731-2022《日用香精》的要求^[11-12], 对检出香料组分的 60 批次样品的合规性进行了判定。结果表明, 除 1 批次样品因检出禁用物质新铃兰醛而被判定为不符合规定外, 其余 59 批次虽检出香料组分(表 3), 但其含量均未超过规定的最高限值^[12]。值得关注的是, 有 8 批次样品检出欧盟化妆品禁用物质丁苯基甲基丙醛(铃兰醛), 其中 5 批次为儿童护肤类化妆品。由于目前我国仅明确将新铃兰醛列入禁用原料目录, 尚未对丁苯基甲基丙醛(铃兰醛)作出相同限制, 因此这 8 批次产品在现行国内法规框架下均被判定为合格。这一发现凸显了我国与欧盟在化妆品香料禁用标准方面存在的差异。

2.6.3 儿童化妆品的安全性 本研究发现多批次儿童护肤类化妆品检出易致敏香料(如铃兰醛), 基于儿童的生理特点, 其皮肤屏障功能尚未成熟, 抵御外来刺激的能力相对薄弱。因此, 儿童不仅更易因化妆品引发接触性皮炎, 且皮损恢复时间更长。这意味着儿童化妆品的配方设计应最大限度地减少或避免使用易致敏香料。《儿童化妆品技术指导原则》^[22]倡导若产品中含有国内外权威机构发布的可能易致敏香料组分(不包括新铃兰醛和铃兰醛的 24 种限用物质)^[5-6], 且含量达到一定浓度, 应当在产品标签中进行单独标注。这表明我国对香料组分的监管问题越来越重视, 以儿童化妆品为切入点强化监管, 对于完善我国化妆品安全监管体系具有积极的探索意义。

3 结 论

本研究采用气相色谱-质谱联用方法对化妆品中的 81 种香料组分进行定性定量分析。本方法具有操作简便、灵敏度高、实用性强等优点, 可满足水基类、膏霜类、油基类等不同基质化妆品中 81 种香料组分的同步测定需求。面对当前化妆品中致敏香料使用种类繁多、现行标准存在检测盲区的现状, 本方法兼具科学性与必要性, 不仅为《化妆品安全技术规范》的制修订提供了关键的技术储备, 也对保障消费者健康安全具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] Krijl R C, Ipenburg N A, Franken S M, Rustemeyer T. *Contact Dermatitis*, **2022**, 86(5): 390-397.
- [2] Liang Z Y, Xiao S X, Li Y J, Wu Z, Fang J H. *J. Health Lab. Technol.* (梁柱业, 肖树雄, 李杨杰, 吴震, 方继辉. 中国卫生检验杂志), **2021**, 31(17): 2156-2159.
- [3] Yang R T, Lei T T, Wu F Y, Li L, Wang H Y. *J. Instrum. Anal.* (杨若彤, 雷婷婷, 吴方园, 李莉, 王海燕. 分析测试学报), **2026**, 45(1): 157-163.
- [4] European Union. Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on Cosmetic Products. [2025-12-07]. https://health.ec.europa.eu/publications/regulation-ec-no-12232009_en.

- [5] European Union. Commission Regulation (EU) 2017/1410 of 2 August 2017 Amending Annexes II and III to Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council on Cosmetic Products. [2025-12-07]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX;32017R1410&qid=1694013110778>.
- [6] European Union. Commission Regulation (EU) 2021/1902 of 29 October 2021 Amending Annexes II, III and V to Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council as Regards the Use in Cosmetic Products of Certain Substances Classified as Carcinogenic, Mutagenic or Toxic for Reproduction. [2025-12-07]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX;32021R1902&qid=1694014003712>.
- [7] European Union. Commission Regulation (EU) 2023/1545 of 26 July 2023 Amending Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council as Regards Labelling of Fragrance Allergens in Cosmetic Products. [2025-12-07]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX;32023R1545&qid=1690512392508>.
- [8] British Standards Institution. Method for Analysis of Allergens. Quantification of an Extended List of 57 Suspected Allergens in Ready to Inject Fragrance Materials by Gas Chromatography Mass Spectrometry. [2026-04-16]. <https://knowledge.bsigroup.com/products/method-for-analysis-of-allergens-quantification-of-an-extended-list-of-57-suspected-allergens-in-ready-to-inject-fragrance-materials-by-gas-chromatography-mass-spectrometry>.
- [9] Liu S R, Zhu Y. *Chin. J. Chromatogr.* (刘思然, 朱英. 色谱), **2019**, 37(9): 1026-1033.
- [10] Xu D M, Wu Y F, Wang Y F, Chen F F, Zhang S D, Lai G Y. *Chin. J. Chromatogr.* (徐敦明, 吴易峰, 王一帆, 陈芳芳, 张书迪, 赖国银. 色谱), **2023**, 41(1): 76-86.
- [11] China Food and Drug Administration. Safety and Technical Standards for Cosmetics (2015 Edition). (国家食品药品监督管理总局. 化妆品安全技术规范), **2015**.
- [12] GB/T 22731-2022. Fragrance Compound. National Standards of the People's Republic of China (日用香精. 中华人民共和国国家标准).
- [13] Regulation (EU) 2025/2509 of the European Parliament and of the Council of 26 November 2025 on the Safety of Toys and Repealing Directive 2009/48/EC (with EEA Relevance)/ECText. [2026-2-20]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32025R2509&qid=1772375592108>.
- [14] European Union. Directive 2003/15/EC of the European Parliament and of the Council of 27 February 2003 Amending Council Directive 76/768/EEC on the Approximation of the Laws of the Member States Relating to Cosmetic Products. *Off. J. Eur. Union*, **2003**, L66: 26-35.
- [15] Scientific Committee on Consumer Safety. Opinion on Fragrance Allergens in Cosmetic Products. [2026-2-20]. https://health.ec.europa.eu/scientific-committees/scientific-committee-consumer-safety-sccs_en.
- [16] Lü Q, Wang Z J, Zhang Q, Ma Q, Bai H, Cai Y Q. *Chin. J. Anal. Chem.* (吕庆, 王志娟, 张庆, 马强, 白桦, 蔡亚岐. 分析化学), **2018**, 46(8): 1314-1320.
- [17] Lamas J P, Sanchez-Prado L, Garcia-Jares C, Llopart M. *J. Chromatogr. A*, **2010**, 1217: 1882-1890.
- [18] Celeiro M, Guerra E, Lamas J P, Lores M, Garcia-Jares C, Llopart M. *J. Chromatogr. A*, **2014**, 1344: 1-14.
- [19] Cui S H, Niu Z Y, Zhang X M, Qin L Y, Luo X. *J. Chin. Mass Spectrom. Soc.* (崔淑华, 牛增元, 张晓梅, 秦良勇, 罗忻. 质谱学报), **2016**, 37(2): 163.
- [20] Zhang J, Zeng M S, Lai J M, Li S Y, Yan X H, Ding Y. *J. Instrum. Anal.* (张静, 曾敏珊, 赖俊敏, 李思源, 严小红, 丁怡. 分析测试学报), **2022**, 41(6): 916-920.
- [21] National Medical Products Administration. Notice on Issues Related to the Declaration of Flavor Raw Materials in Cosmetic Formulas (国家食品药品监督管理总局. 关于化妆品配方中香精原料申报有关问题的通知). [2025-12-07]. <https://www.nmpa.gov.cn/xxgk/fgwj/gzwj/gzwhzhzp/20100702145601916.html>.
- [22] National Institutes for Food and Drug Control. Notice of NIFDC on Issuing the 'Technical Guidelines for Children's Cosmetics' (中国食品药品检定研究院. 中检院关于发布《儿童化妆品技术指导原则》的通告). [2025-12-07]. <https://www.nifdc.org.cn/nifdc/bshff/hzhpjssp/hzpsptzgg/20230831175513735067.html>.

(责任编辑: 丁 岩)