

# 香柠檬精油的成分分析及抗焦虑功效研究

牛云蔚<sup>1</sup>, 郭泽鹏<sup>1</sup>, 贺增洋<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>上海应用技术大学 香料香精化妆品学部, 上海 201418; <sup>2</sup>安徽中烟工业有限责任公司技术中心, 合肥 230088

**摘要:**对香柠檬精油进行 GC-MS 分析, 得到香气成分含量及主要香气物质。通过感官实验选定香柠檬精油浓度。本实验共分为空白组、单方成分组和精油组三组, 对这三个组别分别进行脑电实验和面部表情实验。结果发现 GC-MS 共分析出 41 个香气成分, 其中主要为柠檬烯和乙酸芳樟酯等成分, 选定乙酸芳樟酯为单成分组物质。找到 30 名上海应用技术大学香精香料专业学生进行感官实验选定 3‰ 浓度为后续精油组浓度。在脑电实验中嗅闻单成分组和精油组均为 Alpha 波升高 Beta 波降低, 缓解焦虑情绪效果排序为精油组 > 单成分组 > 空白组。面部表情实验中单成分组缓解焦虑效果不显著, 精油组有较为明显的微表情变化。

**关键词:** 香柠檬精油; GC-MS 分析; 脑电波实验; 面部表情实验

中图分类号: R285

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2024) Suppl-0051-08

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2024.S.006

## Analysis of the composition of bergamot essential oil and its anti-anxiety effect

NIU Yun-wei<sup>1</sup>, GUO Ze-peng<sup>1</sup>, HE Zeng-yang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Perfume and Aroma Technology, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China;

<sup>2</sup>Anhui China Tobacco Industry Co., Ltd., Technology Center, Hefei 230088, China

**Abstract:** The GC-MS analysis of bergamot essential oil was performed to obtain the aroma component content and main aroma substances. The bergamot essential oil concentration was selected by sensory experiments. The EEG experiment and facial expression experiment were carried out in three groups: blank group, unilateral component group and essential oil group, and anxiety relief research was carried out. The results showed that a total of 41 aroma components were analyzed by GC-MS, including limonene and linalyl acetate, and linalyl acetate was selected as a single component. Thirty students majoring in flavor and fragrance from Shanghai Institute of Technology were found for sensory experiments, and the concentration of 3‰ was selected as the concentration of the subsequent essential oil group. In the EEG experiment, the sniffing single-component group and the essential oil group were both alpha wave increased, Beta wave decreased, and the anxiousness relief effect was sorted as essential oil group > single-component group > blank group. In the facial expression experiment, the single-component group had no significant effect on alleviating anxiety, and the essential oil group had obvious micro-expression changes. The overall result was that the essential oil group had the best effect, and the linalyl acetate single-ingredient group had a slight effect.

**Key words:** bergamot essential oil; GC-MS analysis; brain wave experiments; facial expressions experiments

植物精油, 是一类分子量小、具有一定挥发性的植物次生代谢产物, 一般含有萜烯类、醇类、酸类和酯类等。植物精油是中草药中一种重要的活性成分, 具有抗氧化、抗炎杀菌、抗肿瘤等生物活性, 被广泛应用于医药、食品加工、添加剂和农药等领域。

香柠檬 (bergamot) 为芸香科柑橘植物中的一

种, 与柠檬属同种, 但二者的香气成分截然不同, 香柠檬中不仅有柠檬烯和柠檬醛等柠檬含有的香气成分, 还有大量乙酸芳樟酯和芳樟醇的存在, 这给予香柠檬更多的花香, 也正是因为香气成分组成的不同, 所以香柠檬会比一般的柠檬更珍贵, 也是古龙水的核心, 也是大量香水的“前调”。因香柠檬较普通柠檬多出乙酸芳樟酯和芳樟醇两种主要物质的存在, 使得香柠檬拥有了缓解焦虑情绪的效果, 在平时生活和医疗器械中均有涉及。

焦虑是一种普遍存在的内心紧张不安的不愉快情绪。随着经济发展和社会变革的速度加快,人们在日常工作生活中所承受的负担与压力增大,越来越多人开始出现焦虑情绪。当焦虑情绪严重或持续时间较长,且未能得到及时的调整或排解,容易发展为临床诊断为焦虑症的状态<sup>[1]</sup>。焦虑症,又称为焦虑性神经症,是神经症这一大类疾病中最常见的一种,以焦虑情绪体验为主要特征。易出现易怒、过度担忧、无法集中注意力、睡眠障碍、肌肉紧张、交感神经自主过度活动(表现为频繁的胃肠道症状)等症状。根据世界卫生组织(WHO)发布的《2022年世界精神卫生报告》显示,目前全球约有10亿人在遭受焦虑症、抑郁症等精神障碍的困扰,其中在新冠肺炎疫情暴发的2020年,焦虑症患者增加了26%,心理健康越来越成为社会关注的议题。

目前治疗焦虑症的主要手段是心理疏导和药物治疗,前者容易受主观意志的影响且治疗周期长;而药物治疗虽有显著效果但有如肌肉松弛、嗜睡等明显副作用<sup>[2]</sup>。因此找到新的缓解方法成为了人们研究的方向。已有研究表明,从芳香植物中提取获得的精油具有缓解疼痛、放松情绪、助眠、提高记忆力等对于生理或心理有调节能力的特性,成为对治疗心理疾病传统医疗手段有益的配合和补充<sup>[3]</sup>。同时也有专家学者在研究中指出,大脑中的杏仁核以及下丘脑等组织都属于情绪中枢,而这些情绪中枢与焦虑症之间都存在着紧密联系<sup>[4]</sup>。目前已有许多研究表明薰衣草精油和依兰依兰精油等嗅吸几分钟内就可以有效缓解焦虑情绪<sup>[5,6]</sup>。在芳香疗法中,植物精油中的大部分香气物质可以特异性地与嗅觉上皮上的嗅觉受体结合。并通过脑电信号传导到调节情绪相关的脑区中<sup>[7]</sup>。而香柠檬具有独特的香气成分,及其特有的缓解焦虑情绪的特效,本文对香柠檬精油的香气成分进行分析,并探究香柠檬精油对抗焦虑情绪环节的功效。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与设备

Neuroelectrics Barcelona 脑电仪器(赢富仪器科技(上海)有限公司);g-Face 面部表情检测系统(赢富仪器科技(上海)有限公司);7890-5973C 型气相色谱-质谱(GC-MS)联用仪(美国 Agilent 公司)。

### 1.2 实验试剂

香柠檬精油(上海应用技术大学香料实验室提供);无水乙醇(上海泰坦科技股份有限公司提供);

去离子水(上海泰坦科技股份有限公司提供);2-辛醇(上海泰坦科技股份有限公司提供);

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 GC-MS 分析

使用 GC-MS 对香柠檬精油进行香气化合物的定性定量分析。所用色谱柱为 HP-Innowax 极性柱(60 m × 0.25 mm × 0.25 mm)。质谱离子源温度为 230 °C,电离能为 70 eV。质量范围为 30 ~ 450 amu。升温程序设置为:初始温度 50 °C,以每分钟 10 °C 至 80 °C,再以 4 °C 每分钟升温到 140 °C,保持 5 min,再以每分钟升温 2 °C 至 210 °C 和每分钟升温 4 °C 至 230 °C,最后保持 10 min。进样口温度设置为 250 °C。进样方式为直接进样法,将 1 mL 香柠檬精油样品溶于 9 mL 无水乙醇中,进样量为 0.2 μL,分流比 5:1。

### 1.3.2 脑电数据采集

#### 1.3.2.1 采集人员

该实验涉及人员均为 20 ~ 30 岁之间全职上班或上海应用技术大学在读研究生组成,且自我感觉时常伴有焦虑心态的被试人员。

#### 1.3.2.2 精油浓度及实验组分确定

将香柠檬精油用蒸馏水配制为 1‰、3‰、5‰、7‰、9‰ 浓度并装入没有标记的小棕瓶内放入冰箱备用。实验开始前选取 50 名上海应用技术大学香料学院研究生进行香柠檬精油最适浓度感官实验。结果显示不同浓度的香柠檬精油中最能被大家接受的浓度为 3‰,选择 3‰ 浓度的香柠檬精油人数占总体人数的 40% (见表 1)。由此确定后续嗅闻实验为空白对照组(蒸馏水)、单一成分组(乙酸芳樟酯)以及由感官实验确定浓度的精油组(3‰ 香柠檬精油)。

表 1 香柠檬精油浓度感官实验

Table 1 Sensory experiments on the concentration of bergamot essential oil

感官浓度 Sensory concentration	人数 Number of people	占比 Percentage
1‰	10	20%
3‰	20	40%
5‰	5	10%
7‰	7	14%
9‰	8	16%

### 1.3.2.3 脑电采集

本实验脑电信号采集选用 Neuroelectrics Barce-

lona 脑电仪器, 其中配有两个电极帽、凝胶两管、干电极若干、湿电极若干等。试验场地选取一个通风较好、光线较为昏暗, 屋内干扰信号较弱的小屋进行实验。实验开始前将需要用到的电极进行酒精擦拭烘干, 并提前告知被试需清洁头皮, 实验时不得随意走动, 保持安静。

开始脑电测试时将电极帽戴入被试头上, 将电极分别安放在 P7、P4、Cz、Pz、P3、P8、O1、O2、T8、F8、C4、F4、Fp2、Fz、C3、F3、Fp1、T7、F7、Oz 区域, (大致位置见图 1), 参考电极为 T7、T8 左右耳垂电极。

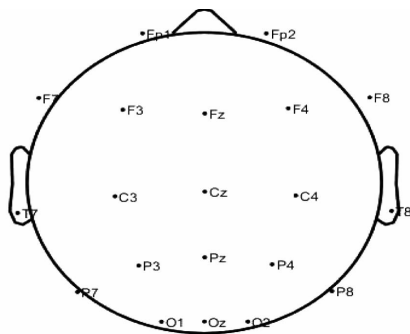


图 1 电极位置示意图

Fig. 1 Electrode position diagram

实验设计蒸馏水为空白组、乙酸芳樟酯组、香柠檬精油组, 将三个样品等量放入同样体积同样大小的棕色瓶中, 并打乱标记 1、2、3 号。实验开始前对被试进行实验流程和实验要求讲解, 但不告知标记对应组别及目的。带好设备后被试人员先进行 5 min 的静息调整, 然后进行 1 号样品的嗅闻, 方法是两滴样品滴到试香纸上放到距离鼻子 10 cm 处进行 3 min 嗅闻, 期间不间断测试脑电频率的变化, 同样的方法每个样品间隔 5 min 进行测试。

### 1.3.3 面部表情仪测试

面部表情仪是以 g-Face 面部表情检测系统对配合网络摄像头实时记录观察被试者嗅闻香柠檬精

油前后面部特征变化及系统分析出心理状态的方法。其面部检测系统可以分析注意力集中; 皱额头; 额头上扬; 内额头上扬; 闭眼; 皱鼻子; 上嘴唇上扬; 吮吸嘴唇; 噘嘴; 咬(压)嘴唇; 张嘴; 唇角凹陷; 下巴抬高; 假笑; 微笑 15 种微表情和眼睛、眉毛、额头、鼻子、嘴唇、下巴等 33 个面部器官特征点。

实验设计同样为蒸馏水为空白组、乙酸芳樟酯组、香柠檬精油组, 将三个样品等量放入同样体积同样大小的棕色瓶中, 并打乱标记 1、2、3 号。实验开始前要求被试人员露出五官(如是女生需把头发盘起), 坐在镜头前面找好角度, 实验过程中不得离开摄像头。待准备就绪后打开面部检测系统进行试验, 首先记录被试正常状态下面部特征 1 min, 然后将滴有样品的试香纸放到鼻子旁 10 cm 处嗅闻 1 min 期间持续记录特征变化, 一号样品测试完成后安排被试到空气流通处休息 5 min 以去除香气在鼻腔中的存留所出现的误差。休息后按以上步骤对二号三号样品进行面部特征点采集。采集完成后面部表情仪会对微表情和面部特征点进行数据分析而得到包括时间、帧数、面部变化、年龄、种族、性别和是否戴眼镜的详细数据, 以此通过香柠檬精油嗅闻前后被试者面部变化研究精油抗焦虑作用。

## 2 结果与分析

### 2.1 香柠檬精油的香气成分分析结果

由表四香柠檬精油的香气分析结果看出, 从香柠檬精油中共分析出 41 种香气成分(见表 2), 其中主要成分为柠檬烯、乙酸芳樟酯、芳樟醇、乙酸松油酯、月桂烯、乙酸香叶酯等, 占总含量的 78.05%。其中柠檬烯为香柠檬精油香气的主要构成成分, 乙酸芳樟酯和芳樟醇也被一些研究者<sup>[8]</sup>发现是具有一定的缓解焦虑情绪的效果, 而本实验中乙酸芳樟酯的占比要高于芳樟醇, 故选择乙酸芳樟酯为本实验单一成分组别进行抗焦虑检测。

表 2 香柠檬精油香气分析结果

Table 2 Results of aroma analysis of bergamot essential oil

序号 No.	化合物名称 Compound name	物质占比 Compound proportion	保留指数 RI	相关度 Relevance
1	$\beta$ -蒎烯 $\beta$ -Pinene	0.48%	982	97
2	对薄荷-1(7), 3-二烯	0.41%	1 206	91
3	3-萜烯 3-Carene	0.02%	1 142	95
4	月桂烯 Myrcene	4.73%	1 165	94
5	$\alpha$ -松油烯 $\alpha$ -Terpinenes	0.20%	1 015	96

续表 2(Continued Tab. 2)

序号 No.	化合物名称 Compound name	物质占比 Compound proportion	保留指数 RI	相关度 Relevance
6	(+)-柠檬烯 (+)-Limonene	33.57%	1 195	99
7	3-异丙基-6-亚甲基-1-环己烯 p-Mentha-1(7),2-diene	0.19%	1 024	91
8	伪柠檬烯 Pseudolimonene	0.08%	1 172	86
9	(E)- $\beta$ -罗勒烯 <i>trans</i> - $\beta$ -Ocimene	1.25%	1 255	97
10	(Z)-3,7-二甲基-1,3,6-十八烷三烯 (Z)-3,7-Dimethylocta-1,3,6-triene	4.33%	1 224	97
11	4-异丙基甲苯 <i>p</i> -Isopropyl toluene	0.11%	1 275	97
12	4-萜烯 4-Carene	1.23%	1 149	97
13	甲酸芳樟酯 Linalyl formate	0.18%	1 553	64
14	别罗勒烯 Allo-ocimene,2,6-dimethyl-2,4,6-octatriene	0.56%	1 131	97
15	2-辛醇 2-Octanol	0.02%	1 398	80
16	甲酸乙酯 Ethyl formate	0.01%	832	38
17	冰醋酸 Acetic acid	1.16%	1 461	91
18	芳樟醇氧化物 Linalool oxide	0.01%	1 450	68
19	橙花醇 Nerol	0.11%	1 806	64
20	二氢芳樟醇 Dihydrolinalool	0.24%	-	80
21	芳樟醇 Linalool	13.50%	1 552	97
22	正辛醇 1-Octanol	0.03%	1 564	86
23	2-氨基苯甲酸-3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇酯 Linalyl anthranilate	6.65%	-	91
24	4(5)-卡林	0.09%	1 149	94
25	丙二醇 Propylene glycol	0.03%	1 589	72
26	乙酸龙脑酯 Bornyl acetate	0.27%	1 579	99
27	1,4-二甲基-4-乙烯基环己烯	0.20%	-	91
28	乙酸芳樟酯 Linalyl acetate	17.63%	1 568	93
29	反式石竹烯 $\beta$ -Caryophyllene	0.03%	1 604	99
30	三环烯 Tricyclene	0.05%	1 002	87
31	噻唑 Thiazole	0.01%	1 244	50
32	(R)-乙酸二氢香芹酯 (R)-Dihydrocarvyl acetate	0.14%	-	87
33	1,7,7-三甲双环[2.2.1]庚-2-烯 Bicyclo[2.2.1]hept-2-ene,1,7,7-trimethyl	0.64%	-	91
34	$\alpha$ -松油醇 Menthone	1.57%	1 698	83
35	乙酸松油酯 Terpinyl acetate	4.90%	1 683	91
36	乙酸橙花酯 Neryl acetate	1.66%	1 706	91
37	(E)-3,7-二甲基-2,6-辛二烯醛 (E)-Citral	0.01%	1 731	91
38	左旋香芹酮 L(-)-Carvone	0.01%	-	93
39	乙酸香叶酯 Geranyl acetate	3.57%	1 753	91
40	(+)-4 $\alpha$ -羟基-2-噁吩	0.02%	1 816	91
41	香叶醇 Geraniol	0.11%	1 854	95

## 2.2 不同组别脑电功效测试与分析结果

经过 NE 脑电波测试仪测试被试嗅闻各组分嗅

闻结果得知,不同被试的脑电结果各有差异,信号值和电压值区间也各有不同,但每个人在测试中嗅闻

后脑电波频结果的变化呈一定规律化。脑电信号中 Alpha 波的减少增加代表人体情绪是否稳定,而 Beta 波的变化代表人体焦虑紧张情绪的变化,Beta 波功率越高代表人体的焦虑情绪值越高<sup>[9]</sup>。本实验目的在于测试抗焦虑效果故主要聚焦于 Alpha 频段和 Beta 频段的变化。

由下列波频功率图可以发现被试在嗅闻空白组(见图 2)时 Alpha 频段功率不呈现明显信号,Beta 波频远高于 Alpha 波频表示被试者目前带有部分焦虑情绪。其中的大部分被试的静息状态都为 Beta 波高于 Alpha 波。在对单成分组实验结果进行分析时发现嗅闻后被试者 Alpha 波和 Beta 波间的比例有所减少,较空白对照组 Beta 波又较为明显下降,Alpha 波略微升高表示说明单成分组对被试的焦虑情绪有起到缓解作用。实验过程中有部分被试者通过成分的甜香较重猜测出该物质为酯类。在第三组实验精油组脑电实验结果看出 Alpha 波功率高出 Beta 波功率,这表明被试实验中的情绪已较为稳定,Beta 波频的降低也说明焦虑情绪的大幅缓解。通过图谱分析单一成分组能对人体起到略微地缓解焦虑情绪的效果,而精油组缓解焦虑情绪的功效要明显强于单一成分。

### 2.3 不同组别面部表情仪测试与分析结果

面部表情仪测试完成后,将被试得到的数据进行整体分析,因本实验测试的为精油的抗焦虑功效故选定了被试为放松表情的可能性百分比(emojis\_relaxed)、被试沉浸程度百分比(emotions\_engagement)和被试皱额头的可能性百分比(Expressions\_BrowFurrow)三方面数据后文简称为 ER/EE/EB,由此判断样品是否有抗焦虑功效。现将测试中所有被试嗅闻前后 30 帧数据平均值为例进行分析。

实验结果表明被试者在嗅闻样品前的 ER 值均为 0.4%~0.5% 之间表明常规状态下被试略微出现紧张情绪,EE 值在静息时均在 30% 之上表示被

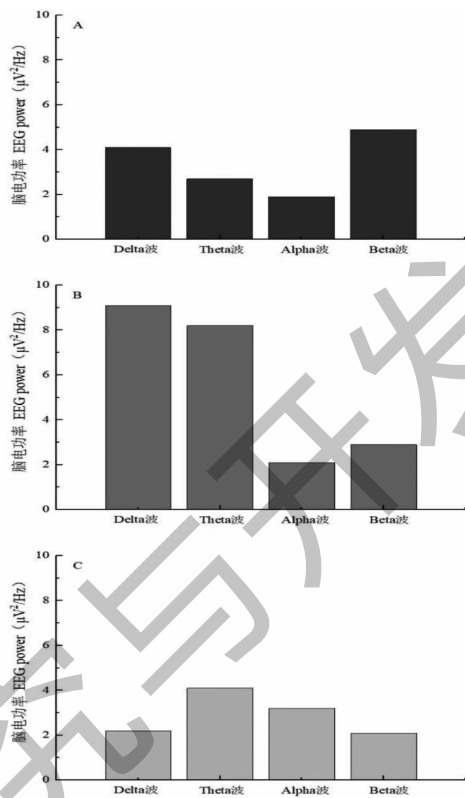


图 2 脑电波频率检测结果

Fig. 2 EEG frequency test results

注:A:空白组;B:单成分组;C:精油组。Note:A:Blank group; B:Single-component group;C:Essential oil group.

试在测试中较为认真,EB 值均在 0.5% 之上说明人们处于认真或紧张状态,ER 在嗅闻单一成分组和精油组时有明显上升,对测试时的紧张焦虑情绪有所缓解;EE 值的结果中发现被试的沉浸程度均有大于 40% 的提升,表明被试在测试中的投入程度值得信任,确认结果的可靠性;在第三个数据 EB 值中发现空白组嗅闻前后被试皱眉百分比基本无变化,单一成分组百分比降低 0.19% 效果不显著而精油组较嗅闻前降低 0.26% 相当于降低了静息状态下一般的皱眉百分比(见表 3~5)。

表 3 嗅闻样品 1(空白组)前后面部表情仪结果分析

Table 3 Analysis of the G-face results before and after sniffing sample 1 (blank group)

帧数 Frame number (fps)	嗅闻前放松表情 Relax expression before sniffing (%)	嗅闻后放松表情 Relax expression after sniffing (%)	嗅闻前沉浸程度 Engagement before sniffing (%)	嗅闻后沉浸程度 Engagement after sniffing (%)	嗅闻前皱眉头 Brow furrow before sniffing (%)	嗅闻后皱眉头 Brow furrow after sniffing (%)
1	0.03	0.03	15.26	49.91	0.31	0.39
2	0.03	0.09	27.81	42.34	0.23	0.15
3	0.03	0.09	31.22	49.68	0.01	0.63
4	0.09	0.21	27.00	78.54	0.43	0.25

续表 3 (Continued Tab. 3)

帧数 Frame number (fps)	嗅闻前放松表情 Relax expression before sniffing( % )	嗅闻后放松表情 Relax expression after sniffing( % )	嗅闻前沉浸程度 Engagement before sniffing( % )	嗅闻后沉浸程度 Engagement after sniffing( % )	嗅闻前皱额头 Brow furrow before sniffing( % )	嗅闻后皱额头 Brow furrow after sniffing( % )
5	0.27	0.38	26.72	65.68	0.66	0.98
6	0.58	0.47	21.93	69.18	0.79	0.64
7	0.99	0.57	15.43	57.89	0.23	0.92
8	1.02	0.87	37.04	56.23	0.75	0.37
9	1.02	0.96	50.43	71.25	0.09	0.14
10	0.72	0.44	50.66	69.41	0.72	0.53
11	0.79	1.21	49.79	88.65	0.89	0.45
12	0.54	1.21	50.23	76.58	1.11	0.09
13	0.36	0.89	50.75	87.45	1.09	0.38
14	0.79	0.77	10.29	99.68	0.79	0.31
15	0.56	0.76	21.38	97.19	0.43	0.63
16	0.48	0.33	19.15	96.89	0.31	0.63
17	0.15	0.46	19.62	97.47	0.84	0.45
18	0.26	0.89	25.25	99.56	0.52	0.87
19	0.31	0.47	30.65	96.23	0.49	0.72
20	0.29	0.22	34.56	91.21	0.25	0.74
21	0.78	0.23	37.89	99.65	0.72	0.79
22	0.89	0.14	31.46	93.23	0.59	0.21
23	0.56	0.14	49.56	91.25	0.28	0.25
24	0.46	0.68	47.84	93.56	0.73	0.09
25	0.78	0.45	38.97	89.56	0.99	0.73
26	0.89	0.12	28.47	93.56	0.71	0.27
27	0.46	0.98	32.71	97.56	0.75	0.39
28	0.58	0.79	45.27	91.56	0.34	0.35
29	0.12	0.84	49.78	90.46	0.25	0.77
30	0.56	0.47	56.78	84.63	0.66	0.25
平均 Average	0.513	0.539	34.46	82.20	0.57	0.48

表 4 嗅闻样品 2(单一成分组)前后结果分析

Table 4 Analysis of the results before and after sniffing sample 2 (single-ingredient group)

帧数 Frame number (fps)	嗅闻前放松表情 Relax expression before sniffing( % )	嗅闻后放松表情 Relax expression after sniffing ( % )	嗅闻前沉浸程度 Engagement before sniffing( % )	嗅闻后沉浸程度 Engagement after sniffing( % )	嗅闻前皱额头 Brow furrow before sniffing( % )	嗅闻后皱额头 Brow furrow after sniffing( % )
1	0.08	0.19	20.82	20.44	0.11	0.19
2	0.06	0.55	29.33	33.14	0.27	0.17
3	0.06	1.2	57.93	45.93	0.35	0.31
4	0.04	3.67	55.33	49.47	0.31	0.22
5	0.47	6.41	37.19	62.85	0.35	0.13
6	0.31	2.49	32.4	64.71	0.48	0.33
7	0.29	4.51	50.02	76.71	0.44	0.32
8	0.31	5.88	41.24	82.99	0.47	0.15
9	0.23	7.17	33.61	88.1	0.36	0.21
10	0.44	6.52	41.57	80.81	0.31	0.19

续表 4(Continued Tab. 4)

帧数 Frame number (fps)	嗅闻前放松表情 Relax expression before sniffing(%)	嗅闻后放松表情 Relax expression after sniffing (%)	嗅闻前沉浸程度 Engagement before sniffing(%)	嗅闻后沉浸程度 Engagement after sniffing(%)	嗅闻前皱额头 Brow furrow before sniffing(%)	嗅闻后皱额头 Brow furrow after sniffing(%)
11	0.43	5.62	47.56	91.15	0.57	0.55
12	0.43	9.12	49.55	95.46	0.55	0.21
13	0.43	6.81	40.63	95.54	0.67	0.23
14	0.46	4.23	53.4	96.07	1.22	0.27
15	0.45	3.41	49.56	96.23	0.99	0.24
16	0.65	1.75	46.4	96.59	0.75	0.57
17	0.56	6.7	40.04	97.15	0.88	0.23
18	0.83	7.71	41.94	97.08	0.78	0.36
19	0.46	7.44	43.5	99.42	0.66	0.4
20	0.63	5.58	56.31	99.87	0.92	0.37
21	0.45	7.73	50.26	99.85	0.86	0.62
22	0.52	9.14	59.94	99.82	0.86	0.57
23	0.49	15.19	55.39	99.81	0.71	0.59
24	0.45	5.51	56.07	99.82	0.51	0.68
25	0.46	5.64	53.67	89.66	0.72	0.72
26	0.46	3.65	53.45	99.73	0.67	0.71
27	0.48	3.5	59.45	89.51	0.44	0.57
28	0.51	4.39	44.65	88.22	0.47	0.59
29	0.61	3.66	39.94	84.79	0.48	0.63
30	0.52	1.98	35.34	87.57	0.39	0.54
平均 Average	0.42	5.25	45.88	83.62	0.59	0.40

表 5 嗅闻样品 3(精油组)前后结果分析

Table 5 Analysis of the results before and after sniffing sample 3 (essential oil group)

帧数 Frame number (fps)	嗅闻前放松表情 Relax expression before sniffing(%)	嗅闻后放松表情 Relax expression after sniffing (%)	嗅闻前沉浸程度 Engagement before sniffing(%)	嗅闻后沉浸程度 Engagement after sniffing(%)	嗅闻前皱额头 Brow furrow before sniffing(%)	嗅闻后皱额头 Brow furrow aftersniffing(%)
1	0.01	3.41	39.47	52.63	0.74	0.52
2	0.36	3.63	37.17	49.54	0.43	0.37
3	0.06	5.13	51.95	63.76	0.66	0.49
4	0.43	7.14	68.32	75.89	0.58	0.64
5	0.52	9.24	59.76	88.14	0.28	0.59
6	0.06	6.69	43.33	89.92	0.41	0.11
7	0.73	5.38	39.04	98.14	0.33	0.85
8	0.55	7.63	45.35	99.18	0.75	0.84
9	0.02	5.48	47.41	99.95	0.23	0.78
10	0.36	9.07	52.09	99.29	0.87	0.63
11	0.11	8.11	43.22	99.79	0.86	0.34
12	0.76	6.43	41.74	99.08	0.8	0.43
13	0.35	8.41	46.13	99.8	0.26	0.61
14	0.87	10.93	37.28	97.38	0.71	0.86
15	0.99	11.81	38.38	98.47	0.48	0.08
16	0.18	22.96	43.11	99.94	0.01	0.97
17	0.44	20.74	44.76	99.72	0.07	0.26

续表 5 (Continued Tab. 5)

帧数 Frame number (fps)	嗅闻前放松表情 Relax expression before sniffing( % )	嗅闻后放松表情 Relax expression after sniffing ( % )	嗅闻前沉浸程度 Engagement before sniffing( % )	嗅闻后沉浸程度 Engagement after sniffing( % )	嗅闻前皱额头 Brow furrow before sniffing( % )	嗅闻后皱额头 Brow furrow aftersniffing( % )
18	0.33	18.87	48.21	99.2	0.32	0.98
19	1.02	19.54	26.63	89.96	0.84	0.74
20	0.88	16.57	24.77	92.23	0.63	0.02
21	0.68	10.55	32.07	96.26	0.3	0.89
22	0.53	9.66	33.58	94.96	0.71	0.3
23	0.74	8.36	48.72	88.99	0.85	0.92
24	0.14	8.19	52.8	84.64	0.61	0.69
25	0.73	7.33	46.92	83.99	0.75	0.41
26	0.42	9.39	49.52	91.69	0.62	0.27
27	0.35	9.4	47.43	77.32	0.76	0.54
28	0.49	7.42	57.93	75.72	0.9	0.95
29	0.16	8.61	54.56	84.05	0.53	0.33
30	0.58	8.49	50.69	76.52	0.07	0.29
平均 Average	0.46	9.71	45.22	87.85	0.55	0.29

### 3 结论

本研究对香柠檬精油进行了香气成分分析,共分析出 41 种香气物质,其中主要香气物质为柠檬烯、乙酸芳樟酯、芳樟醇等。目前已有研究者证明香柠檬精油中一些萜烯类、醇类、酯类物质具有抗焦虑、抑郁<sup>[10]</sup>以及改善认知障碍的作用。因含量及占比较高选定主要香气物质乙酸芳樟酯作为本研究的单一成分组。

在进行面部表情实验和脑电实验前进行了香柠檬精油的感官实验,选定了 3%浓度的香柠檬精油为本研究的精油组。脑电实验中从被试的 Alpha 波频和 Beta 波频变化中发现缓解焦虑效果精油组 > 单成分组 > 空白组,目前有研究表明乙酸芳樟酯为具有缓解焦虑情绪精油的有效成分<sup>[11]</sup>。但在对比实验中香柠檬精油在缓解焦虑情绪中的效果明显优于乙酸芳樟酯。在面部表情变化实验中单成分组各项指标变化并不显著,较空白组相比精油组嗅闻前后的 ER 值和 EB 值有较为明显的缓解焦虑情绪表现。

### 参考文献

- 1 Wu YN. Metabolomic study of the anxiolytic effects of essential oil aromas [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University (上海交通大学), 2013.
- 2 Orriols L, Salmi LR, Philip P, et al. The impact of medicinal drugs on traffic safety: a systematic review of epidemiological studies [J]. *Pharmacoepidemiol Drug Saf*, 2009, 18: 647-658.

- 3 Lee MS, Choi J, Posadzki P, et al. Aromatherapy for health care: an overview of systematic reviews [J]. *Maturitas*, 2012, 71, 257-260.
- 4 Jiao Y, Li LB, Wang YH, et al. Therapeutic effect of peppermint essential oil on anxiety behavior in nicotine-quitting rats and its mechanism [J]. *J Qiqihar Med Coll (齐齐哈尔医学院学报)*, 2021, 42: 1105-1110.
- 5 Toda M, Morimoto K. Effect of lavender aroma on salivary endocrinological stress markers [J]. *Arch Oral Biol*, 2008, 53: 964-970.
- 6 Zhang N, Chen J, Dong W, et al. The effect of copaiba oil odor on anxiety relief in adults under mental workload: a randomized controlled trial [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022: 3874745.
- 7 Laurent G. Olfactory network dynamics and the coding of multidimensional signals [J]. *Nat Rev Neurosci*, 2002, 3: 884-895.
- 8 Zhang DG, Yang DL, Niu XW, et al. Determination of linalool and linalyl acetate in *Lavandula angustifolia* Miller by GC [J]. *Asia-Pac Tradit Med (亚太传统医药)*, 2016, 12: 52-55.
- 9 Batuhan DH, Abdulkerim D, Hayri E. The new wireless EEG device mentalab explore is a valid and reliable system for the measurement of resting state EEG spectral features [J]. *Brain Res*, 2023, 1798: 148164.
- 10 Wang Y, Tao FY, Cui DH, et al. Study on the anti-depressant effect of compound essential oil [J]. *Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发)*, 2020, 32: 278-287.
- 11 Donelli D, Antonelli M, Firenzuoli F. Tranquilizer/anxiolytics: lavender oil [M]. *NeuroPsychopharmacotherapy*, 2021: 1-11.