

紫红百香果果汁挥发性香气分析及仿香研究

陈庆¹, 贾强¹, 董浩², 张挺¹, 李超²

(1. 广州城市职业学院食品系, 广东广州 510405) (2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

摘要: 紫红百香果具有怡人的芳香特性, 本研究采用顶空固相微萃取 (HS-SPME) 结合气相色谱质谱联用仪 (GC-MS) 技术, 对紫红百香果果汁中挥发性香气成分进行鉴定, 并对其香气进行了仿香研究。结果表明, 百香果果汁中共鉴定出 81 种挥发性香气化合物, 主要包括酯类 43 种, 醇类 11 种, 醛类 3 种, 酮类 8 种, 萜烯类 (含萜烯醇类) 12 种, 其它成分 4 种, 其中酯类含量最高, 这些挥发性成分是百香果果汁香气的主要贡献者。通过仿香实验, 成功制备出百香果果汁香精配方, 感官评价分析表明该香精配方的香气浓郁, 头香、体香和尾香过渡自然且有层次感, 与百香果的天然香气基本一致。总之, 结果表明挥发性成分分析和仿香技术能够制备出一种新型百香果果汁香精, 应用于食品或医药领域。

关键词: 百香果; 挥发性成分; 成分鉴定; 仿香

文章编号: 1673-9078(2018)12-258-263

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.12.038

Studies on Volatile Aroma Compounds of the Juice of Purple *Passiflora edulis* and Aroma Simulation Experiments

CHEN Qing¹, JIA Qiang¹, DONG Hao², ZHANG Ting¹, LI Chao²

(1. Department of Food, Guangzhou City Polytechnic, Guangzhou 510405, China)

(2. School of Food Science and Engineering South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The purple red passion fruit has a pleasant aroma. In the present study, the volatile aroma compounds of the juice of purple *Passiflora edulis* (FJPE) were identified using headspace solid-phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). In addition, the aroma of FJPE was studied through aroma simulation experiments. The results showed that 81 volatile compounds were identified in FJPE, mainly including 43 esters, 11 alcohols, 3 aldehydes, 8 ketones, 12 terpenes and 4 other compounds, and among which esters were the most abundant compounds and the major contributors to the characteristic aroma of FJPE. The simulated flavor formulation of FJPE was successfully prepared by aroma simulation experiments. The sensory evaluation revealed the rich flavour, and the naturally transitional and layered head fragrance, body fragrance and tail fragrance, which were basically consistent with the natural aroma of FJPE. In summary, it was feasible to prepare a new type of passion fruit juice flavor for food or pharmaceutical industries, with the aid of volatile compound analysis and aroma simulation technology.

Key words: *Passiflora edulis* fruit; volatile compound; component identification; aroma simulation

天然香气物质, 由于其独特的芳香性、安全无毒优点, 且具有抗菌消炎、调节情绪、减轻疼痛、提高免疫力等多种保健功效, 被广泛应用于食品、医药和化妆品行业^[1]。百香果 (*Passiflora edulis* Sims.), 又名西番莲, 属于西番莲科西番莲属多年生藤本植物, 原产安的列斯群岛, 广植于热带和亚热带地区, 在我国广东、海南、福建、云南、广西、台湾等地都被广泛种植, 是一种广受喜爱的药食同源水果, 具有较高的

收稿日期: 2018-06-23

基金项目: 广东省教育厅重大项目及应用重大项目 (2017GKZDXM010); 广东省教育厅特色创新类项目 (2017GKTSX058)

作者简介: 陈庆 (1987-), 女, 硕士, 研究方向: 食品化学

通讯作者: 李超 (1986-), 男, 博士, 讲师, 研究方向: 食品科学

营养和药用价值^[2]。百香果富含浓郁的香气成分, 含有番石榴、芒果、苹果、香蕉、菠萝等多种水果的香气成分, 其挥发性成分引起越来越多研究兴趣^[3]。孔永强等^[4]通过研究西番莲的果皮、果肉和籽中挥发性物质, 发现果皮中主要以烷烃、烯烃为主, 果肉中以烯烃、酯类为主, 籽中含有烷烃、烯烃、酯类, 以酯类含量最高。郭艳峰等^[5]研究表明百香果含有大量的挥发性芳香成分, 主要包括酯类、醇类、酮类和萜烯类。目前关于百香果的研究主要集中在黄百香果和紫百香果主要挥发性成分的研究。而紫红百香果是黄、紫百香果的杂交品种, 果皮紫红色, 星状斑点明显, 果实长圆形, 是一种优质的品种, 种植广泛, 产量丰富, 具有较好的芳香特性, 然而, 目前关于紫红百香

果果汁挥发性香气成分尚不清楚, 严重限制其在食品或医药领域中的应用。

因此, 本实验以紫红百香果为原料, 通过顶空固相微萃取 (HS-SPME) 提取百香果果汁香气成分, 并结合气相色谱质谱联用仪 (GC-MS) 进行分离及鉴定分析; 根据分析结果得到百香果特征风味的关键化合物组成及含量, 并进行仿香研究, 为百香果芳香物质的深入开发和利用提供理论基础和方法指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

紫红百香果, 产自广西壮族自治区玉林市; 香精调配所用香原料, 如己酸乙酯、丁酸乙酯、乙酸乙酯、3-羟基己酸乙酯、硫代薄荷酮、乙基麦芽酚、橙油、玫瑰花精油等均为食品级, 购自奇华顿香精香料有限公司。

1.2 主要仪器

顶空固相微萃取 (HS-SPME) 装置、DVB/CAR/PDMS (50/30 μm)、固相微萃取纤维头和 SPME 采样瓶, 美国 Supelco 公司; 气相色谱-质谱联用仪 (GC-MS) 型号 7890B-5977A, 美国 Agilent 公司; Milli-Q 超纯水系统, 美国 Millipore 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 百香果果汁制备

随机选取新鲜成熟且无病虫害的紫红百香果样品 10 个, 打开百香果, 取内部果肉进行匀浆过滤, 收集百香果果汁, 保存在 4 $^{\circ}\text{C}$ 的冰箱中备用。

1.3.2 SPME 萃取头老化

首先将双极性 DVB/CAR/PDMS (50/30 μm) 固相微萃取头置于 GC-MS 仪进样口进行老化处理, 老化温度 250 $^{\circ}\text{C}$, 老化时间为 30 min, 载气流速为 1.3 mL/min, 载气为氦气。

1.3.3 HS-SPME 与 GC-MS 分析

参考郭艳峰等^[5]报道的方法, 并稍作修改。量取 5 mL 百香果果汁于 15 mL SPME 采样瓶中, 添加 3 g NaCl, 加盖封口, 置于手动 SPME 装置中加热搅拌 (温度 50 $^{\circ}\text{C}$, 搅拌速率 200 r/min) 10 min, 使样品瓶内达到气液平衡。将老化好的 SPME 萃取头插入样品瓶顶空部分萃取 30 min, 然后将萃取头取出, 插入 GC-MS 仪进样口, 于 250 $^{\circ}\text{C}$ 下解吸 3 min, 立即进行分析。

色谱条件: 色谱柱 HP-Innowax 硅胶毛细管柱 (60 $\text{m} \times 0.25 \text{ mm} \times 0.25 \mu\text{m}$); 进样口温度 250 $^{\circ}\text{C}$; 初始柱温 50 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2 min, 以 2.5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 210 $^{\circ}\text{C}$, 保持 2 min; 载气为氦气, 流速 1.3 mL/min; 分流比 1:1。

质谱条件: 电离方式 EI; 电子能量 70 eV; 接口温度 250 $^{\circ}\text{C}$; 四级杆温度 150 $^{\circ}\text{C}$; 离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$; 扫描范围 29~400 u。通过计算机 NIST11 谱库检索结果和人工谱图相结合方法确定挥发性成分种类, 并采用面积归一化法对各挥发性成分进行定量。

1.3.4 百香果果汁香精仿香实验与评价

表 1 调配香精配方的感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of blending flavoring formulation

评价指标		满分	评分标准	
外观	色泽	10分	无色至淡黄色、透明	正常 9~10分, 较正常 8~8.9分, 可以 7~7.9分, 尚可 6~6.9分, 稍差 3~5.9分, 不合格 0~2.9分
	均匀度	10分	均匀一致, 无沉淀和液泡	
香气	香气	10分	浓郁, 特征性强	浓郁、愉悦 9~10分, 较浓郁、愉悦 8~9分, 可以 6~7分, 及格 5~6分, 不及格 5分以下
	透发性	10分	透发性强, 香气飘逸	很好 9~10分, 较好 8~8.9分, 可以 7~7.9分, 尚可 6~6.9分, 稍差 3~5.9分, 不合格 0~2.9分
	留香值	10分	留香持久, 体香饱满	正常 9~10分, 较正常 8~8.9分, 可以 7~7.9分, 尚可 6~6.9分, 稍差 3~5.9分, 不合格 0~2.9分
逼真感	逼真感	10分	香气逼真, 特征突出	逼真 9~10分, 较逼真 8~8.9分, 可以 7~7.9分, 尚可 6~6.9分, 稍差 3~5.9分, 不合格 0~2.9分
	纯正感	10分	香气协调一致, 无杂气	正常 9~10分, 较正常 8~8.9分, 可以 7~7.9分, 尚可 6~6.9分, 稍差 3~5.9分, 不合格 0~2.9分

根据 GC-MS 数据分析结果, 结合感官嗅觉分辨天然百香果果汁香气的香韵组成, 采用食品香精技术原理, 对天然百香果果汁香气进行模拟制备, 并不断

通过感官评定其香韵结构和香气质量, 优化香精制备工艺和配方结构, 得到特征香气和香韵结构与天然百香果果汁香气一致的食用香精^[6]。

百香果果汁香精质量评价方法参考文献报道的方法^[7]:邀请5位有着丰富调香经验的评价员按照表1所示评价标准对每次调配的香精进行评价,记录评分结果。

2 结果与讨论

2.1 百香果果汁挥发性香气成分分析

采用GC-MS分析紫红百香果果汁的挥发性香气成分,其组成的总离子流图如图1所示。可以看出,样品的色谱峰分离效果良好,表明固相微萃取方法能够较好地分析百香果果汁香气。由图1可知,紫红百香果果汁中分离出100多种化合物,共鉴定其中有效成分81种,其中包括酯类43种,醇类11种,醛类3

种,酮类8种,萜烯类(含萜烯醇类)12种,其他成分4种,其中香气成分中酯类化合物含量最高(表2)。

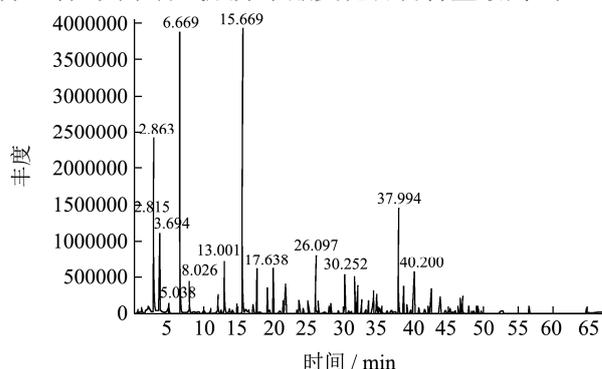


图1 百香果果汁挥发性化合物总离子流图

Fig.1 The total ion chromatogram (TIC) of volatile compounds of the JPEF

表2 百香果果汁挥发性化合物及相对质量百分含量

Table 2 The composition and relative content of volatile compounds of the JPEF

保留时间/min	化合物名称 (CAS 号)	含量/%	保留时间/min	化合物名称 (CAS 号)	含量/%
2.093	乙酸甲酯 (79-20-9)	0.12	24.2914	丁酸-1-甲基己酯 (39026-94-3)	0.20
2.862	乙酸乙酯 (141-78-6)	8.12	24.9767	己酸丁酯 (626-82-4)	0.52
5.035	丁酸甲酯 (623-42-7)	0.44	25.1104	丁酸己酯 (2639-63-6)	0.45
5.854	乙酸异丁酯 (110-19-0)	0.02	26.0966	辛酸乙酯 (106-32-1)	2.63
6.67	丁酸乙酯 (105-54-4)	15.80	27.4004	(E)-丁酸叶醇酯 (53398-84-8)	0.06
8.027	乙酸丁酯 (123-86-4)	1.51	28.0273	(Z)-4-辛烯酸乙酯 (34495-71-1)	0.61
9.457	(E)-巴豆酸甲酯 (623-43-8)	0.05	30.2504	3-羟基丁酸乙酯 (5405-41-4)	1.83
10.159	乙酸异戊酯 (123-92-2)	0.16	32.6574	2-甲硫基丙酸乙酯 (13327-56-5)	0.62
10.718	戊酸乙酯 (539-82-2)	0.03	34.7636	己酸己酯 (6378-65-0)	0.88
12.072	(Z)-巴豆酸乙酯 (6776-19-8)	0.88	36.9031	(Z)-己酸叶醇酯 (31501-11-8)	0.06
12.557	乙酸戊酯 (628-63-7)	0.17	37.998	3-羟基己酸乙酯 (2305-25-1)	4.86
13.226	己酸甲酯 (106-70-7)	0.82	40.1961	乙酸苄酯 (140-11-4)	1.96
14.814	丁酸丁酯 (109-21-7)	0.31	40.7978	甲硫基丙烯酸乙酯 (136115-66-7)	0.21
15.666	己酸乙酯 (123-66-0)	18.14	42.2437	柳酸甲酯 (119-36-8)	0.38
16.644	梨醇酯 (1191-16-8)	0.03	44.072	乙酸苯乙酯 (103-45-7)	0.70
16.903	(Z)-3-己烯酸甲酯 (2396-78-3)	0.04	46.3056	丁酸苄酯 (103-37-7)	0.07
17.162	乙酸 2-甲基己酯 (5921-82-4)	0.30	47.5425	红桔酯 (3239-35-8)	0.04
17.639	乙酸己酯 (142-92-7)	1.83	56.6441	桂酸乙酯 (103-36-6)	0.29
19.151	(Z)-顺-3-己烯酸乙酯 (64187-83-3)	1.03	57.204	丙位癸内酯 (706-14-9)	0.04
19.962	(Z)-乙酸叶醇酯 (3681-71-8)	0.55	59.6194	柳酸己酯 (6259-76-3)	0.06
20.831	庚酸乙酯 (106-30-9)	0.11	60.5555	邻氨基苯甲酸甲酯 (134-20-3)	0.03
21.433	2-己烯酸乙酯 (1552-67-6)	0.56			
酯类 (共 43 种)					
3.6896	乙醇 (64-17-5)	4.15	32.1393	1-辛醇 (111-87-5)	1.22
11.011	正丁醇 (71-36-3)	0.18	39.7531	2-十一醇 (1653-30-1)	0.14
20.0373	2-庚醇 (543-49-7)	2.15	46.4894	苯甲醇 (100-51-6)	0.38
21.7423	己醇 (111-27-3)	1.28	47.952	苯乙醇 (60-12-8)	0.25

转下页

接上页					
23.372	(Z)-叶醇 (928-96-1)	0.12	48.4034	2-十四烷醇 (4706-81-4)	0.06
27.4673	1-甲基庚烯醇 (1335-09-7)	0.04			
醇类 (共 11 种)					
1.2158	乙醛 (75-07-0)	0.18	64.8597	甲位己基桂醛 (101-86-0)	0.17
30.6098	苯甲醛 (100-52-7)	0.07			
醛类 (共 3 种)					
4.8346	2-戊酮 (107-87-9)	0.24	23.7314	2-壬酮 (821-55-6)	0.54
10.2755	4-庚酮 (123-19-3)	0.03	34.1953	2-十一酮 (112-12-9)	0.09
13.0001	2-庚酮 (110-43-0)	2.23	49.1388	乙位紫罗兰酮 (79-77-6)	0.29
21.0319	甲基庚烯酮 (110-93-0)	0.04	52.4652	呋喃酮 (2345-28-0)	0.06
酮类 (共 8 种)					
12.741	松油烯 (99-86-5)	0.10	34.3123	(R)-4-萜品醇 (562-74-3)	1.03
13.6771	苾烯 (5989-27-5)	0.23	38.7251	甲位松油醇 (98-55-5)	1.17
14.1284	桉叶油醇 (470-82-6)	0.14	41.7841	香茅醇 (106-22-9)	0.05
16.4936	罗勒烯 (13877-91-3)	0.15	43.2801	橙花醇 (106-25-2)	0.05
18.023	萜品油烯 (586-62-9)	0.13	45.2776	香叶醇 (106-24-1)	0.26
31.713	芳樟醇 (78-70-6)	1.67	27.810	二氢月桂烯醇 (53219-21-9)	0.04
萜烯类 (共 12 种)					
17.432	邻伞花烃 (527-84-4)	0.03	29.3478	茶香螺烷 (36431-72-8)	0.16
26.4309	氧化芳樟醇 (60047-17-8)	0.75	44.5253	茴香脑 (104-46-1)	0.05
其他 (共 4 种)					

注: 表中所列均为与 NIST11 谱库匹配度大于 80 的化合物。

2.2 仿香研究

表 3 百香果果汁香精配方 A

Table 3 Flavoring formulation A of the juice of *Passiflora edulis* fruit

类型	香原料名称及含量/g					
体香	己酸乙酯	18	顺-3-己烯酸乙酯	1	丁酸甲酯	0.4
	丁酸乙酯	16	巴豆酸乙酯	0.9	乙酸异戊酯	0.35
	乙酸乙酯	8	己酸己酯	0.9	柠檬烯	0.25
	3-羟基己酸乙酯	5	己酸甲酯	0.8	庚酸乙酯	0.1
	辛酸乙酯	2.5	4-辛烯酸乙酯	0.6		
	乙酸己酯	2	2-己烯酸乙酯	0.55		
	乙酸苯酯	2	己酸丁酯	0.5		
	3-羟基丁酸乙酯	1.8	丁酸己酯	0.4		
特征香	2-甲硫基丙酸乙酯	0.6	甲硫基丙烯酸乙酯	0.2	茶香螺烷	0.15
修饰香	BP 松油醇	2	香叶醇	0.25	己酸叶醇酯	0.06
	芳樟醇	1.5	苯乙醇	0.25	香茅醇	0.05
	氧化芳樟醇	0.7	桉叶油素	0.15	橙花醇	0.05
	乙酸叶醇酯	0.55	叶醇	0.1		
	乙位紫罗兰酮	0.3	丁酸叶醇酯	0.06		
基香	乙酸苯乙酯	0.7	桂酸乙酯	0.3	呋喃酮	0.06
	柳酸甲酯	0.4				

注: 配方都以丙二醇补充至 100 g。

表4 香精配方A 感官评价结果

Table 4 Sensory evaluation results of flavoring formulation A

评价指标		满分	评分
外观	色泽	10分	9.00
	均匀度	10分	8.55
香气	香气	10分	7.45
	透发性	10分	7.84
	留香值	10分	7.12
	逼真感	10分	7.50
	纯正感	10分	7.25
综合		10分	7.82

在香料分类法中,朴却(Poucher)分类法是备受调香师推崇的,朴却依据各种香料在滤香纸上挥发留香的时间长短将香料分为头香、体香、基香等^[8]。因此,按照朴却分类法,可将百香果果汁的挥发性香气成分分为:(A)头香:热带水果所特有的硫化物香气,比如甲硫基丙酸乙酯和甲硫基丙烯酸乙酯;(B)体香:果香,主要是各种脂肪酯类;(C)修饰香:青香,如叶醇、乙酸叶醇酯、氧化芳樟醇等;(D)基香:甜香、粉香,如呋喃酮、乙位紫罗兰酮等。

根据紫红百香果果汁香气成分分析结果,并结合

表5 百香果果汁香精配方B

Table 5 Flavoring formulation B of the juice of *Passiflora edulis* fruit

类型	香原料名称	含量/g	香原料名称	含量/g	香原料名称	含量/g
体香	己酸乙酯	18	3-羟基丁酸乙酯	1.8	己酸丁酯	0.5
	丁酸乙酯	16	顺-3-己烯酸乙酯	1	丁酸己酯	0.4
	乙酸乙酯	8	巴豆酸乙酯	0.9	丁酸甲酯	0.4
	3-羟基己酸乙酯	5	己酸己酯	0.9	乙酸异戊酯	0.35
	辛酸乙酯	2.5	己酸甲酯	0.8	橙油	0.35
	乙酸己酯	2	4-辛烯酸乙酯	0.6	庚酸乙酯	0.1
	乙酸苜酯	2	2-己烯酸乙酯	0.55		
特征香	2-甲硫基丙酸乙酯	0.6	甲硫基丙烯酸乙酯	0.2	茶香螺烷	0.15
	硫代薄荷酮	0.1				
修饰香	BP 松油醇	2	乙酸叶醇酯	0.55	叶醇	0.1
	芳樟醇	1.5	乙位紫罗兰酮	0.3	玫瑰花精油	0.01
	氧化芳樟醇	0.7	桉叶油素	0.15		
基香	乙酸苜酯	0.7	桂酸乙酯	0.3	呋喃酮	0.06
	柳酸甲酯	0.4	乙基麦芽酚	0.5		

注:配方都以丙二醇补充至100g。

配方B在配方A的基础上添加硫代薄荷酮、乙基麦芽酚,其中硫代薄荷酮有很强烈的热带水果气味,在配方B中添加少量可增强百香果香气的特征性。乙基麦芽酚带有焦糖香味和水果味,且具有定香作用,添加少量可使百香果香精的香气更加醇香芬芳且增加留香值^[11]。另外,在配方B中用橙油代替柠檬烯,用

朴却香料分类原理和人工感官分析,确定百香果果汁香精的初步配方A,如表3所示,该配方A香精的感官评价结果如表4所示。

通过人工感官分析可知,配方A的得分为7.82,该配方A香精色泽和均匀度都很好,能达到食品香精的外观要求。且该香精的香气也能在一定程度上反映百香果的天然气味。但是,调配一个好的食品香精就是要让最终的香精主体突出,散发出来的香气整体协调、丰满,头香、体香、基香过渡自然且有层次感,同时要保证闻到的是一股混合的香气,让人能联想到自然的食品的味道,不能让人闻到单一组分的香气^[9]。根据评香人员对配方A的感官评价得出:直接根据固相微萃取方式得到百香果香气能突出百香果果香的主体,但是闻到的香气比较分散,香气整体不够协调。

参考孙宝国等^[10]人总结的香精调配技术可知,在香精调配过程中,若各种香原料的香气不够协调时,可尝试加入适量的精油来达到目的。且百香果是一种具有强烈特征香气的热带水果,可加入少量的硫代薄荷酮来突出百香果香精的热带水果气息。由此,得到百香果香精配方B(表5)。

玫瑰花精油代替香叶醇、苯乙醇、香茅醇、橙花醇、乙酸苜酯等带有玫瑰花香气的香原料。

通过对配方B的感官评价可知,配方B的得分为8.41,硫代薄荷酮的加入增强了百香果香气的特征性,乙基麦芽酚增加了香精的留香值,橙油圆和了果香酯类原料的化学气息,使香气天然感突出。玫瑰精油的

加入给百香果香精带进一些花香,使百香果香精的香气得到很好的修饰。总之,配方B的果香主题突出并带有热带水果气息,整个香气头、体、尾香过渡自然且有层次感,能让人联想到自然的百香果的味道,符合食品香精的质量要求。

表6 香精配方B感官评价结果

Table 6 Sensory evaluation results of flavoring formulation B

评价指标	满分	评分	
外观	色泽	10分	9.00
	均匀度	10分	8.55
香气	香气	10分	8.80
	透发性	10分	8.25
	留香值	10分	8.12
	逼真感	10分	8.00
	纯正感	10分	8.15
综合		8.41	

3 结论

3.1 采用顶空固相微萃取结合气质联用技术,从紫红百香果果汁中鉴定出81种主要挥发性化合物,主要有酯类43种,醇类11种,醛类3种,酮类8种,萜烯类(含萜烯醇类)12种,其他成分4种,其中酯类化合物含量最高,它们是百香果果汁特征香气的主要贡献者。

3.2 根据分析的果汁香气成分和含量配制香精配方A,感官评价表明配方A,虽然在一定程度上反映了百香果果汁香气,但是不能体现百香果果汁香气的天然香气,且调配出来的香精化学气息太浓,香气分散,不宜作为食品香精使用。

3.3 通过香气成分归纳总结并结合调香技术配制香精配方B,感官评价表明香精配方B,香气浓郁,头香、体、香和尾香过渡自然且有层次感,与百香果的天然香气基本一致,因此,可以开发为一种新型百香果果汁香精,应用于食品和医药领域。

参考文献

[1] 王春玲,胡增辉,沈红,等.芳香植物挥发物的保健功效[J].北方园艺,2015,15:171-177
WANG Chun-ling, HU Zeng-hui, SHEN Hong, et al. Health effect of aromatic plant volatiles [J]. Northern Horticulture, 2015, 15: 171-177

[2] 霍丹群,蒋兰,马璐璐,等.百香果功能研究及其开发进展[J].食品工业科技,2012,33(19):391-395
HUO Dan-qun, JIANG Lan, MA Lu-lu, et al. Functional of passiflor and its comprehensive processing utility [J]. Science

and Technology of Food Industry, 2012, 33(19): 391-395

[3] 康超,杨玉霞,刘俐俐,等.响应面法优化百香果的酶解工艺[J].食品工业科技,2017,38(21):157-161
KANG Chao, YANG Yu-xia, LIU Li-li, et al. Optimization of enzymolysis technology of passifloraceae by response surface methodology [J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(21): 157-161

[4] 孔永强,张弘,郑华,等.云南产紫果西番莲果实挥发物的热脱附-气相色谱/质谱联用分析[J].广东农业科学,2011,38(10):94-96
KONG Yong-qiang, ZHANG Hong, ZHENG Hua, et al. Analysis on volatiles of passifloraeduli sims. fruit originated from Yunnan by TCT-GC/MS [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2011, 38(10): 94-96

[5] 郭艳峰,吴惠婵,夏雨,等.百香果不同发育阶段果汁挥发性成分研究[J].福建农业学报,2017,32(3):299-304
GUO Yan-feng, WU Hui-chan, XIA Yu, et al. Volatiles in juice of passion fruits at different development stages [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2017, 32(3): 299-304

[6] Munafo J P, Didzbalis J, Schnell R J, et al. Insights into the key aroma compounds in mango (*Mangifera indica* L. 'Haden') fruits by stable isotope dilution quantitation and aroma simulation experiments [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64: 4312-4318

[7] 李建华,孙宝国,黄明泉,等.天福号酱肘子的香味分析与仿香研究[J].食品科学,2010,31(20):348-350
LI Jian-hua, SUN Bao-guo, HUANG Ming-quan, et al. Analysis and simulation of aroma composition of Tianfuhao pork shoulder [J]. Food Science, 2010, 31(20): 348-350

[8] 林翔云.调香术[M].北京:化学工业出版社,2013
LIN Yian-yun. Perfumery [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2013

[9] 孟一娟,刁雪洋,石晶.牛肉香精制备技术[J].肉类研究,2010,2:31-34
MENG Yi-juan, DIAO Xue-yang, SHI Jing. Preparation technology of beef flavor [J]. Meat Research, 2010, 2: 31-34

[10] 孙宝国,陈海涛.食用调香术[M].北京:化学工业出版社,2017
SUN Bao-guo, CHEN Hai-tao. The Technology of Food Flavoring [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2017

[11] 张华.几个新型香料在香精中的应用[J].香料香精化妆品,2008,5:45-50
ZHANG Hua. Application of six new flavorants [J]. Flavour Fragrance Cosmetics, 2008, 5: 45-50