采摘时期对菊花茶汤感官及理化属性的影响

钱佳仪[1]，夏熠珣[2,3]，侯姣靓[4]，董刚强[5]，钟 芳[*1,2,3]

（1. 江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122；2. 江南大学 未来食品科学中心，江苏 无锡 214122；3. 江南大学 江苏省食品安全与质量控制协同创新中心，江苏 无锡 214122；4. 安利（中国）研发中心有限公司，上海 201203；5. 安利（中国）植物研发中心有限公司，江苏 无锡 214145）

摘要：选取市面上常见的 8 种茶用菊花，探究不同采摘时期对其茶汤感官属性及挥发性、非挥发性物质的影响。通过定量描述性分析、气相色谱质谱联用、高效液相色谱以及紫外分光光度法对感官及理化属性进行测定。结果表明，采摘时期主要影响菊花茶汤的滋味和口感，利用偏最小二乘回归分析，确定总酚、游离氨基酸质量浓度与感官滋味正相关。此外，采摘时期也会对菊花茶汤的挥发性物质产生影响，但远不及品种和生长种植条件的差异，进一步利用气味活度值推测正壬醛和桉叶油醇为传统菊花香气的主要物质来源，该研究为菊花茶产业的市场推广以及定向调控菊花品质满足消费者需求提供依据。

关键词：菊花茶汤；采摘时期；定量描述性分析；挥发性物质；偏最小二乘回归法

中图分类号：TS 272.2　**文章编号**：1673-1689(2023)09-0056-10　**DOI**：10.12441/spyswjs.20221021001

Effects of Harvesting Period on Sensory and Physicochemical Properties of *Chrysanthemum* Infusion

QIAN Jiayi[1]，*XIA Yixun*[2,3]，*HOU Jiaoliang*[4]，*DONG Gangqiang*[5]，*ZHONG Fang*[*1,2,3]

（1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Science Center for Future Foods, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 3. Collaborative Innovation Center of Food Safety and Quality Control in Jiangsu Province, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 4. Amway (China) R&D Center, Shanghai 201203, China; 5. Amway (China) Plant R&D Center, Wuxi 214145, China）

Abstract: In this study, 8 varieties of common *Chrysanthemum* in the market were selected to investigate the effects of harvesting period on sensory properties, as well as the content of volatile and non-volatile substances in *Chrysanthemum* infusion. The sensory and physicochemical properties were respectively analyzed through the quantitative descriptive analysis, gas chromatography-mass spectrometry, high-performance liquid chromatography, and ultraviolet spectrophotometry. The results showed that the harvesting period mainly affected the taste and mouthfeel of *Chrysanthemum* infusion. With partial least squares regression analysis, it was found that the contents of total phenolic compounds and free amino acids were positively correlated with sensory taste. Furthermore, the

收稿日期：2022-10-21　**修回日期**：2023-03-16

基金项目：国家自然科学青年基金项目（32001628）；江苏省自然科学青年基金项目（BK20200596）；江南大学未来食品科学中心基本科研项目（JUSRP52029A，JUSRP122043）；国家食品科学与工程一流学科建设项目（JUFSTR20180204）。

* **通信作者**：钟 芳（1972—），女，博士，教授，博士研究生导师，主要从事食品胶体与感知科学研究。E-mail：fzhong@jiangnan.edu.cn

volatile compounds in *Chrysanthemum* infusion were also affected by harvesting period, exhibiting a lesser extent compared to the differences in variety and conditions for growth of plants. Besides, it was further inferred that n-nonanal and eucalyptol were the main contributors of traditional *Chrysanthemum* aroma through the calculations of odor activity value of each volatile component. This study is beneficial for the marketing promotion of *Chrysanthemum* and directional manipulation of premium *Chrysanthemum* quality to meet consumer demands.

Keywords: *Chrysanthemum* infusion, harvesting period, quantitative descriptive analysis, volatile substances, partial least squares regression

菊花为菊科多年生草本植物，原产于中国，已有 3 000 多年的栽培历史[1]。根据国家卫生健康委员会发布的公告，菊花也是一种药食同源的中药。按照产地和加工方法，《中华人民共和国药典》将国内的菊花分为亳菊、滁菊、贡菊、杭菊、怀菊[2]；按照电子销售网站的商品目录，除上述分类外，根据不同采摘时期的花冠状态，又可分为胎菊和朵菊，人们冲泡饮用的传统茶菊以朵菊为主。近年来，胎菊因其采摘时期早，宣称其饮用时更清甜、活性成分含量更高，逐渐在茶菊市场占据价格优势，但该结论鲜有文献资料的支持。对于不同采摘时期菊花的研究目前主要集中在比较其活性提取物含量方面，王蔚新等发现朵菊粗多糖的总抗氧化能力和自由基清除能力均强于胎菊[3]；李谣发现昆仑雪菊的朵菊游离酚和总酚含量显著较高，胎菊结合酚含量较高[4]；周丽等以桐乡杭白菊为研究对象，发现其胎菊的感官品质及活性成分的含量均显著高于朵菊[5]。目前对于实际饮用条件下不同采摘时期菊花茶汤的感官及理化属性的研究鲜有报道，此外，现有文献的研究对象大多为某一品种不同采摘时期的样品，而针对不同品种对应的不同采摘时期的样品并没有系统分析。

因此，作者选取 8 种不同品种的胎菊和朵菊，分析比较了采摘时期对其茶汤的感官和理化属性的影响，寻找不同品种的菊花在不同采摘时期存在的规律及差异，并通过定性定量以及相关性分析等方法，确定菊花茶汤感官属性的差异以及其物质基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

菊花样品：由安利（中国）植物研发中心有限公司从产地采购（信息详见表 1），全部为 2021 年采收，采收后所有样品均干燥存储；冲泡用水（净化水）：安利益之源 1001881CH 净水器的过滤水。

表 1　8 种菊花样品信息表

Table 1　Information of eight *Chrysanthemum* samples

样品名称	栽培种名	产地	采摘时期
祁白菊 t	河北祁白菊	河北安国	胎菊
祁白菊 d	河北祁白菊	河北安国	朵菊
山西 t	杭白菊	山西运城	胎菊
山西 d	杭白菊	山西运城	朵菊
福白菊 t	麻城福白菊	湖北麻城	胎菊
福白菊 d	麻城福白菊	湖北麻城	朵菊
苏北菊 t	苏北菊	江苏盐城	胎菊
苏北菊 d	苏北菊	江苏盐城	朵菊
桐乡 t	杭白菊	浙江桐乡	胎菊
桐乡 d	杭白菊	浙江桐乡	朵菊
兰溪 t	杭白菊	浙江兰溪	胎菊
兰溪 d	杭白菊	浙江兰溪	朵菊
ABRCt	杭白菊	江苏无锡	胎菊
ABRCd	杭白菊	江苏无锡	朵菊
雪菊 t	昆仑雪菊	新疆乌鲁木齐	胎菊
雪菊 d	昆仑雪菊	新疆乌鲁木齐	朵菊

注：t 代表胎菊，d 代表朵菊。

感官描述性分析的参照样：购于当地超市；邻二氯苯：上海百灵威化学技术有限公司产品；福林酚（生物试剂）、碳酸钠、没食子酸、芦丁、硝酸铝、乙酸钾、无水乙醇、三氯乙酸（试剂如无特殊说明，均为分析纯）：国药集团化学试剂有限公司产品；植物可溶性糖含量检测试剂盒：Solarbio 官方代理柯意哲（上海）机电工程有限公司产品。

1.2 仪器与设备

DGG-9053A 电热恒温鼓风干燥机：上海森信实验仪器有限公司产品；电子天平：梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司产品；电热恒温水浴锅：上海

一恒科技有限公司产品;A560 紫外可见分光光度计:翱艺仪器有限公司产品;7890B GC System-5977B GC/MSD 气相色谱质谱联用仪、Agilent 1100 氨基酸分析仪:美国安捷伦公司产品;50/30 μm DVB/CAR/PDMS、2 cm 萃取头:美国 Supelco 公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 菊花茶汤的制备 通过预实验,发现样品与水在 1 g:150 mL 的比例冲泡时消费者普遍表示可接受,因此称取 3 g 的干菊花放置于 600 mL 的茶壶中,加入 100 ℃的净化水 450 mL,保证样品被充分浸泡 5 min 后过滤,取茶汤备用。

1.3.2 感官描述性分析 参考 ISO 8586-1-1993 标准,根据基本感官能力水平和面试结果筛选出 12 名评价员,每位评价员品尝茶汤,独立生成词汇描述样品,对所有词汇筛选整理,通过讨论,保留客观、有代表性、无歧义的术语,进一步进行定义,确定参照样。

通过培训,择优(F 值达到 5%显著水平,MSE 值小于 1.5,Tucker-1 图中的点集中则感官小组的结果是准确可靠的[6])选取 9 名评价员(3 名男性和 6 名女性)对样品进行评分。样品放在随机 3 位数编码的透明带盖塑料杯中,控制在(40±5) ℃时品评。

1.3.3 挥发性化合物测定 采用顶空固相微萃取的方法萃取茶汤中的挥发性成分[7],在 20 mL 顶空进样瓶中加入 5 mL 茶汤、1.0 g NaCl、10 μL 邻二氯苯(0.01 mg/mL)和磁力搅拌子。

萃取条件:在 40 ℃保温箱中恒温搅拌的同时将萃取头插入顶空进样瓶中吸附 50 min,在 250 ℃解析 5 min。色谱条件:HP-5MS 色谱柱,载气为高纯氦气,恒流流量 1.4 mL/min,进样口温度 250 ℃,不分流进样。程序升温:40 ℃保持 3 min,以 4 ℃/min 升至 220 ℃,保持 10 min。质谱条件:电子轰击离子源(EI),离子源温度 230 ℃,四极杆温度 150 ℃,质谱接口温度 280 ℃,电子能量 70 eV,检测器电压 901 V,扫描方式为全扫描模式(SCAN),扫描范围 m/z 20~650。每个样品测定 3 次平行,将各色谱峰的质谱图与 NIST 数据库进行相似度比对,采用内标邻二氯苯定量分析香气成分,各挥发性成分质量浓度按下式计算:

$$\rho_s=\frac{A_s}{A_I}\times\frac{V_I\rho_I}{V}\times 1\ 000$$

式中:ρ_s 为样品中某一种挥发性化合物的质量浓度,μg/mL;A_s 为该挥发物的峰面积;A_I 为邻二氯苯的峰面积;V_I 为邻二氯苯的体积,mL;ρ_I 为邻二氯苯的质量浓度,mg/mL;V 为样品体积,mL。

1.3.4 浸出物质量浓度测定 在文献[2]中浸出物测定熟浸法的操作基础上,精密量取 1.3.1 制备的茶汤 100 mL,置已干燥至质量恒定的蒸发皿中,在水浴上蒸干,再重复加入 2 次 100 mL 的茶汤蒸干,将蒸发皿放入烘箱中于 105 ℃干燥 3 h,置干燥器中冷却 30 min,迅速精密称定质量,测定 5 次平行,浸出物质量浓度为每 100 mL 茶汤中物质的质量,单位为 mg/dL。

1.3.5 总酚质量浓度测定 采用福林酚法[8]测定 1.3.1 制备的茶汤中总酚质量浓度。移取 1 mL 样品与 2 mL 去离子水和 0.5 mL 福林酚试剂混合,在黑暗中孵育 3 min 后,加入 2 mL 10 g/dL 的碳酸钠溶液,去离子水定容至 10 mL,摇匀在室温下静置 2 h,然后用紫外可见分光光度计在 760 nm 处测定吸光度。以没食子酸为标准溶液,得到标准曲线,样品测定 5 次平行,单位为 mg/mL。

1.3.6 总黄酮质量浓度测定 根据 SN/T 4592—2016 测定 1.3.1 制备的茶汤中总黄酮质量浓度[6],样品测定 5 次平行,单位为 mg/mL。

1.3.7 可溶性糖质量浓度测定 采用蒽酮硫酸比色法测定 1.3.1 制备的茶汤中可溶性糖质量浓度,样品测定 5 次平行,单位为 mg/mL。

1.3.8 游离氨基酸质量浓度测定 采用 OPA 柱前衍生反相高效液相色谱-紫外分光光度法[9]测定 1.3.1 制备的茶汤中 17 种常见游离氨基酸。用 10 g/dL 三氯乙酸等体积稀释茶汤,保证溶液体系中三氯乙酸终质量浓度为 5 g/dL,放置 1 h 后用 0.22 μm 水膜过滤后上机。采用外标法定量分析游离氨基酸质量浓度,单位为 mg/mL。

1.4 数据分析

使用 SPSS 26 进行方差分析,使用 XLSTAT 2019 进行主成分分析(PCA)、聚类分析(AHC)、偏最小二乘回归分析(PLS),采用 Excel、Origin 绘制图表。

2 结果与分析

2.1 感官描述词库的建立

在构建描述词库时,重要的是要在构建过程中

包含具有广泛感官轮廓的样本[10],涵盖不同的变化来源,如季节效应和生产区域。本研究中,8 种样品来自不同地域,分为两种采摘时期(胎菊和朵菊)。描述词库中虽然某些词汇整体来看出现频率较少或分数较低,但因其为品种独特的属性而保留,例如雪菊无论是胎菊还是朵菊其茶汤能够感受到焦煳味。对菊花茶汤的风味从滋味、口感、香气 3 个维度进行描述性分析,详见表 2。

表 2　菊花茶汤的感官描述词汇定义及参照表

Table 2　Definition and references of *Chrysanthemum* infusion sensory descriptive attributes

	描述词汇	定义	参照样		分值
滋味	初始苦味	刚入口时(1~2 s)感受到的苦味最大强度值	莲子心溶液	0.03 g/dL	3
	口中苦味	茶汤在口腔中停留 5 s 的过程中感受到的苦味最大值		0.05 g/dL	6
	苦后味	吞咽后(包括回味)感受到的最大苦度值		0.08 g/dL	10
	初始甜味	刚入口时(1~2 s)感受到的甜味最大强度值	蔗糖溶液	0.3 g/dL	2
	口中甜味	茶汤在口腔中停留 5 s 的过程中感受到的甜味最大值		0.5 g/dL	5
	回甘	吞咽后(包括回味)感受到的最大甜度值	阿斯巴甜溶液	0.008 g/dL	3
				0.009 g/dL	7
	酸味	茶汤饮用过程中感受到的酸味最大值	一水柠檬酸溶液	0.005 g/dL	2
				0.010 g/dL	6
口感	涩口/涩味	茶汤饮用过程中舌头或口腔内壁某一区域感受到的皱缩程度或舌头与上颚摩擦感的强弱	明矾溶液	0.012 g/dL	3
				0.024 g/dL	6
	爽净/清凉感	茶汤饮用过程中感受到的口腔中清新爽口的感觉	福东海薄荷叶溶液	0.05 g/dL	3
				0.25 g/dL	6
	浓厚/顺滑感	茶汤饮用过程中感受到的口腔中脂肪划过的感觉	光明脱脂牛奶	0.5 g/mL	5
香气	菊花味 w	兰溪菊的特征风味	兰溪大花溶液	0.2 g/dL	3
				0.5 g/dL	6
				1.0 g/dL	8
	中药味 w	中药材的风味	野菊花溶液	0.05 g/dL	2
				0.20 g/dL	5
	槐花味 w	槐花的风味	福茗源槐花溶液	0.05 g/dL	2
				0.50 g/dL	7
	土腥味 w	甘草水的风味	艺福堂甘草溶液	0.05 g/dL	4
				0.20 g/dL	8
	凉茶味 w	凉茶中以仙草为代表的复合草本植物风味	王老吉凉茶	0.1 g/mL	3
				0.5 g/mL	6
	艾草味 w	艾草的风味	艾草溶液	0.005 g/mL	3
				0.010 g/mL	5
	生豆味 w	生豆的风味	生豆粉(黄豆磨粉)溶液	0.01 g/mL	4
				0.10 g/mL	8
	大豆味 w	豆浆清甜的风味	低糖维他豆奶	0.2 g/mL	4
				1.0 g/mL	10
	蒸煮味 w	蒸东西时水蒸气的风味	米汤	0.10 g/dL	2
				0.25 g/dL	6
	薄荷味 w	薄荷叶的风味	福东海薄荷叶溶液	0.05 g/dL	3
				0.25 g/dL	6
	菜腥味 w	熟菜心的风味	高山白菜溶液	0.5 g/dL	4
				1.0 g/dL	9

续表 2

	描述词汇	定义	参照样		分值
	甜酒味 w	酒酿的风味	杏花楼酒酿	0.5 g	6
	黄瓜味 w	黄瓜的风味	荷兰黄瓜	1 g	6
	枸杞味 w	枸杞水的风味	枸杞溶液	0.5 g/dL	4
				1.0 g/dL	8
	乌龙茶味 w	乌龙茶的风味	三得利乌龙茶	0.5 g/mL	6
	焦煳味 w	咖啡烘焙的风味	雀巢浓缩咖啡粉	0.5 g	8
	豌豆味 w	豌豆的气味	速冻豌豆	1 g	6
	松子味 w	松子松果的气味	松子	1 g	5
	松针味 w	干松针的气味	松针	1 g	5
	松脂味 w	白松香的气味	松香	1 g	6
	鱼腥草味 w	鱼腥草的气味	鱼腥草	1 g	8
	烘烤味 w	烘焙中美拉德反应的气味	烤箱 150 ℃花生 5 min	1 g	10
	大麦茶味 w	煮制大麦茶的气味	大麦茶	0.5 g/dL	8

2.2 滋味、口感分析

2.2.1 描述性结果分析 由图 1 可知,对于大多数品种来说,胎菊茶汤的苦味相关属性和甜味相关属性普遍强于朵菊,即胎菊茶汤的整体滋味显著强于朵菊(雪菊则相反);酸味方面,除雪菊外同一品种朵菊茶汤的酸味强于胎菊,但强度上并无显著差异。口感方面,对于大多数品种来说,朵菊茶汤的顺滑感和清凉感显著强于胎菊;而涩味更多的受品种差异影响,与采摘时期无关。

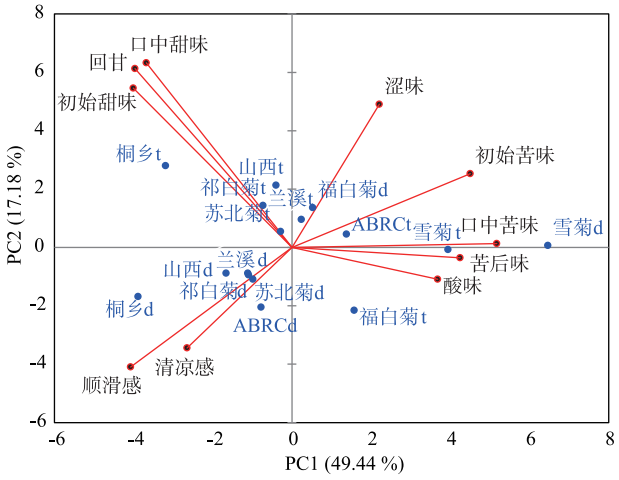


图 1 菊花茶汤样品属性 PCA 载荷图(滋味和口感维度)

Fig. 1 PCA biplot of *Chrysanthemum* infusion (taste and mouthfeel)

2.2.2 菊花茶汤的总酚、总黄酮、可溶性糖和浸出物质量浓度 如图 2 所示,朵菊的可溶性糖和浸出物质量浓度普遍高于同一品种的胎菊;采摘时期对总酚和总黄酮质量浓度的影响并无一致的规律,对杭白菊品种来说,除 ABRC 外,其胎菊的总酚质量浓度显著高于朵菊;对朵菊来说雪菊总酚质量浓度最高,之后是不同产地杭白菊,苏北菊最低,本研究中发现的规律与前人研究结果一致,Cao 等沸水提取朵菊茶汤中雪菊的总酚含量显著高于杭白菊[11];Gong 等以不同产地不同采摘时期的杭白菊为研究对象,得到的 6 种朵菊的总酚质量分数为10.709~14.290 mg/g,9 种胎菊的总酚质量分数为 10.405~20.847 mg/g,推测杭白菊胎菊的总酚质量分数高于朵菊[12]。但本研究中所测指标含量与前人研究结果存在显著差异,一方面与菊花本身的采摘时期、种植品种、生产地域、加工干燥方法等有关,另一方面,与菊花的处理提取方法也极为相关。

2.2.3 菊花茶汤的游离氨基酸质量浓度 菊花茶汤中常见游离氨基酸的质量浓度如图 3 所示,脯氨酸、天冬氨酸和谷氨酸在菊花茶汤中的质量浓度相对较高,但每种游离氨基酸的质量浓度均不及文献中的呈味阈值[13]。另一方面,雪菊、祁白菊、苏北菊和山西杭白菊的胎菊游离氨基酸质量浓度显著高于朵菊,这与 Sun 等研究信阳毛尖绿茶时发现的大部分氨基酸在谷雨后含量减少[14]的规律一致,其余品种采摘时期对游离氨基酸的影响较小,差异可能更多地源自品种与种植条件。

2.2.4 茶汤内物质与感官属性的关系 以茶汤内物质为 *X* 变量,以感官滋味、口感为 *Y* 变量,进行 PLS,由于 *Y* 变量多且复杂,模型的预测性较差,因

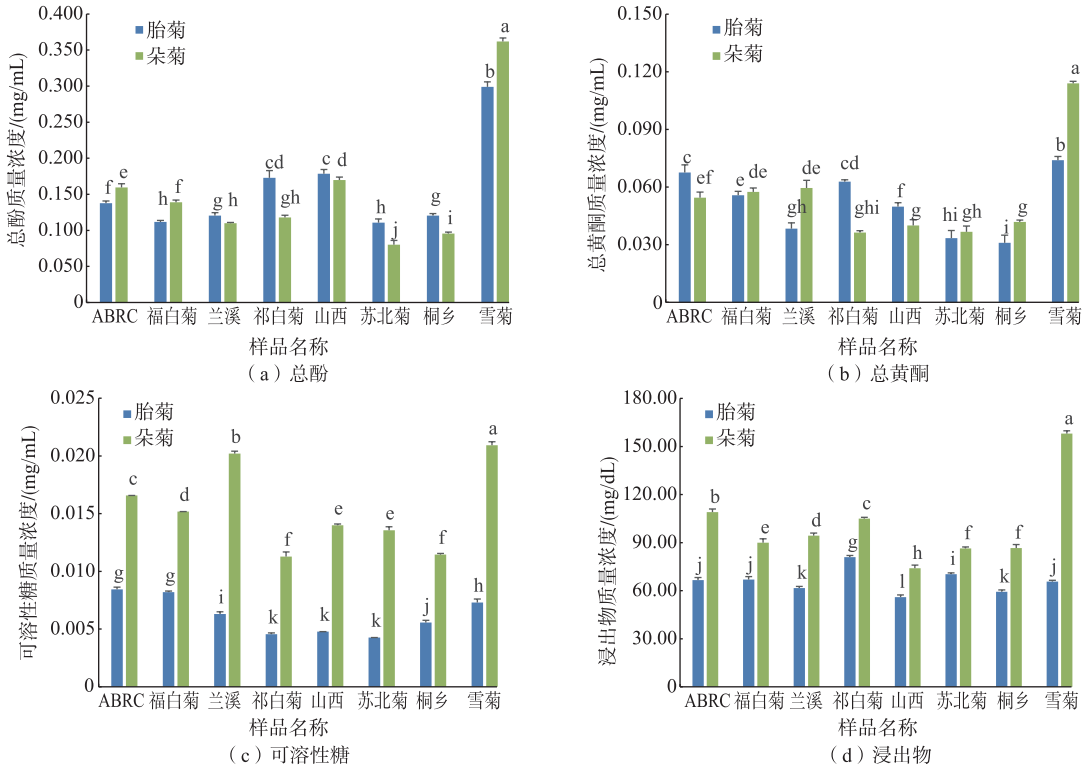


图 2　不同品种菊花茶汤总酚、总黄酮、可溶性糖、浸出物质量浓度

Fig. 2　Mass concentration of total phenolic acid, total flavonoids, total soluble sugars, and water extract in different varieties of *Chrysanthemum* infusion

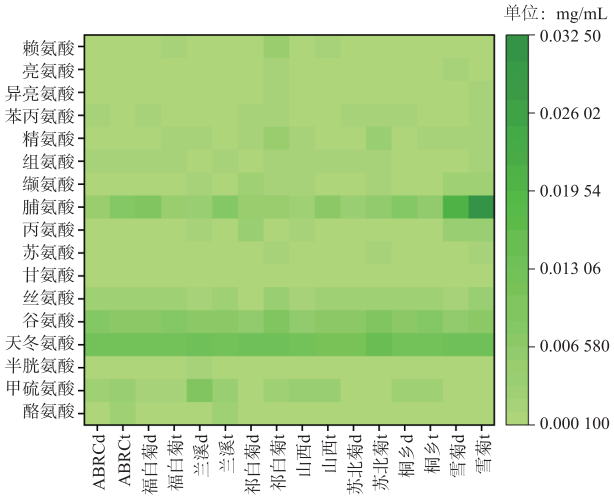


图 3　不同品种菊花茶汤游离氨基酸热图

Fig. 3　Heat map of free amino acids in different varieties of *Chrysanthemum* infusion

此采用精简变量后作二步 PLS 对模型进行简化，简化变量后，前两个主成分累计解释度从 0.049 提高到了 0.281，对 X 变量的解释度虽然略下降，但对 Y 变量的解释度从 0.354 增加到了 0.528。

如图 4 所示，茶汤中的总酚和总黄酮质量浓度极为相关，推测黄酮类化合物为酚类化合物的主要组成部分。第一象限中，初始苦味和酸味属性与茶汤内总酚、游离氨基酸质量浓度呈正相关，这与前人在葡萄酒陈酿中发现酚类化合物与酒液苦味呈正相关结果[15]一致，也与 Rong 等研究发现当归茶的苦涩感与游离氨基酸含量呈正相关，与可溶性糖含量呈负相关[16]的规律一致；而在第四象限，菊花茶汤内的浸出物与茶汤品尝时的主要滋味苦味相关属性也呈现一定的相关性，这与陈美丽等研究的茶汤滋味与浸出物含量呈显著正相关[17]的规律相符。与此同时，茶汤中的可溶性糖也落在第四象限，可能是因为可溶性糖质量浓度太少，达不到甜味感知阈值，因此无法直接解释茶汤甜味相关的感官属性。根据相关学者针对苦味和甜味的味觉感知和相互影响过程的机理研究[18]，推测菊花茶汤中的甜味可能是由苦味物质引起，与可溶性糖没有直接关系。

另一方面，代表朵菊的绿点大多落在 $t2$ 维度的负半轴，即朵菊相较于同一品种的胎菊，品尝时的苦味强度更大，与之对应的是茶汤中的浸出物质量浓度更高；代表胎菊的绿点大多落在第二象限及附近，与甜味相关的属性相近，即甜味属性更强（雪菊

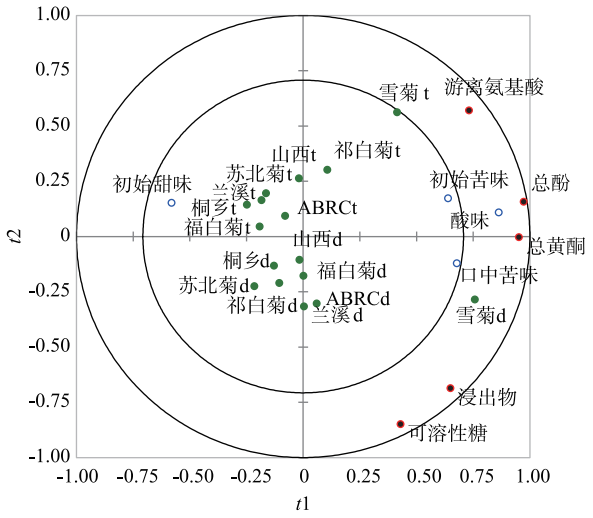


图 4　菊花茶汤内物质与感官属性的 PLS 图

Fig. 4　PLS plot of *Chrysanthemum* infusion substance and sensory properties

除外），与之相对的是总酚和总黄酮质量浓度较低（甜味相关属性与总酚、总黄酮质量浓度呈负相关）；相较其他茶用菊花品种，不考虑感官上的属性，雪菊在同一沸水冲泡的情况下，浸出物更多，同时总酚质量浓度更高，即活性成分功效更强。

2.3　香气分析

2.3.1　菊花茶汤的香气鉴定　共鉴定出 183 种化合物，由于品种、产地等因素的差异，8 种菊花间共同的化合物较少，但同一品种共同化合物的数量多于因不同采摘时期产生的差异化合物数量，每对挥发性物质数量用韦恩图呈现（见图 5）。可以直观地看出，菊花品种 ABRC、山西杭白菊、祁白菊、雪菊在不同采摘时期的挥发性物质数量差异较大，其中 ABRC 与雪菊朵菊茶汤的挥发性物质数量显著减少，与刘沁对雪菊不同开放程度品质分析[19]结果相同。

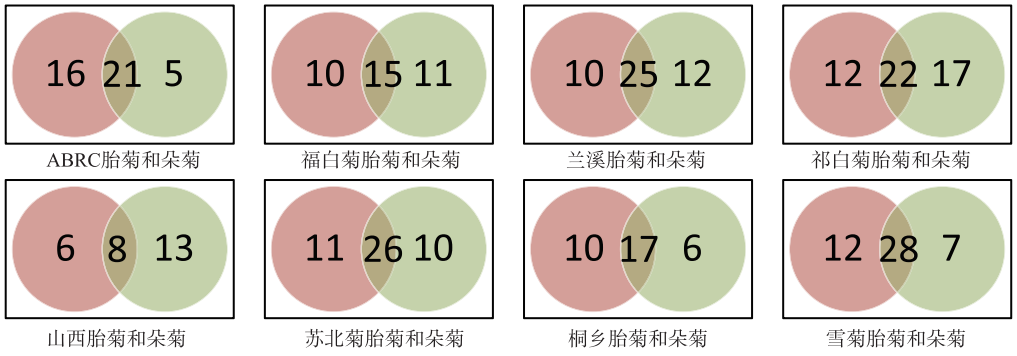


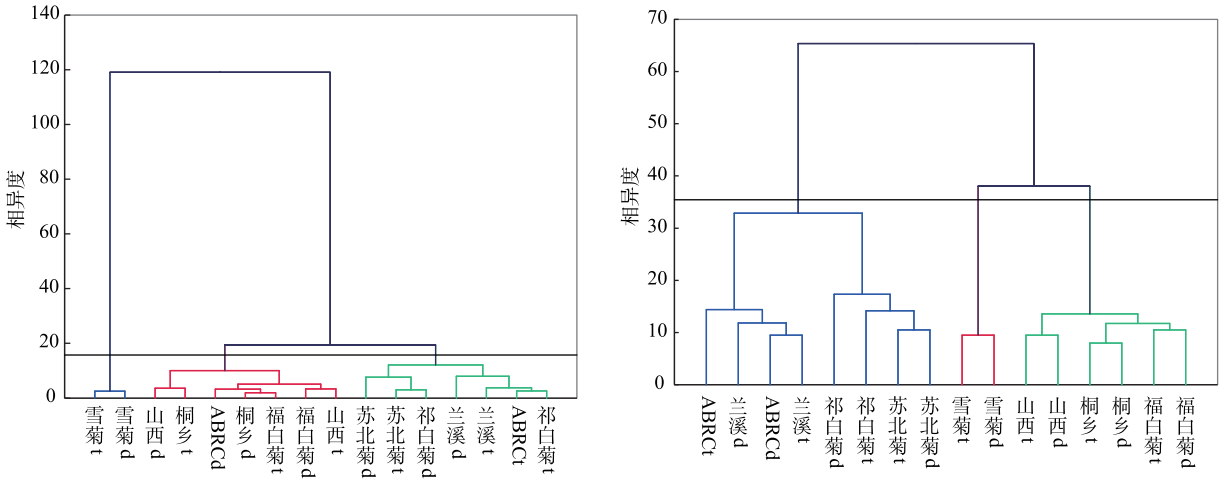
图 5　挥发性物质的韦恩图

Fig. 5　Venn diagram of volatile compounds

2.3.2　挥发性物质与感官香气的关系　通过对感官香气的聚类分析，将 8 种样品分为三大类，如图 6（a）所示，3 类样品的感官香气蛛网图如图 7 所示，第一类样品为图 7(a)中的雪菊胎菊和朵菊，该类的香气具有独特的松针、松脂、枸杞、乌龙茶、焦煳味；第二类为图 7(b)中的兰溪胎菊和朵菊、苏北菊胎菊和朵菊、祁白菊胎菊和朵菊以及图 7(a)ABRC 胎菊，该类样品菊花香气较强，同时不同品种的朵菊茶汤具有一些独特的香气，兰溪朵菊具有松子、甜酒的气味，祁白菊朵菊具有大麦茶的气味，苏北菊朵菊具有烘烤以及淡淡的鱼腥草的气味；第三类为图7(c)中的山西胎菊和朵菊、桐乡胎菊和朵菊、福白菊胎菊和朵菊以及图 7(a)ABRC 朵菊，该类样品在香气属性强度上与第二类样品比普遍较弱，且不同品种并无明显该品种独特的香气属性。

另一方面，挥发性物质聚类也可将样品分为 3 类，如图 6(b)所示。二者的 RV 系数为0.691，说明感官香气和挥发性物质结果间的相似性较高，存在正相关的联系，二者结果的主要差异性表现在 ABRC 胎菊和朵菊的分类，ABRC 品种在不同采摘时期茶汤内的挥发性物质数量差异较大，因此其茶汤的香气在感官属性上也存在较大差异，ABRC 朵菊茶汤内物质较少，整体香气偏淡，因此感官数据分类被归为第三类香气属性强度较弱的分组；而对于挥发性物质的分类来说，各菊花茶汤的品种间差异大于采摘时期差异，因此以挥发性物质聚类分析时 ABRC 胎菊和朵菊仍被归为一类。

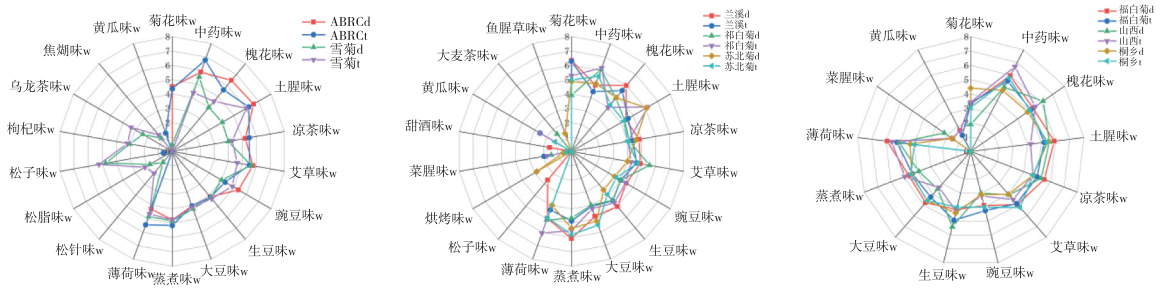
2.3.3　菊花茶汤香气的关键挥发性物质　计算气味活度值（OAV）[20]，即化合物的浓度与其鼻前检测气味阈值的比值，OAV 大于 1 的化合物被认为是该样品的主要香气成分。阈值参考文献[21]，如表 3 所示，共鉴定出 21 种化合物 OAV>1，对于大部分品种



（a）感官香气属性　　（b）挥发性物质

图 6　感官香气属性和挥发性物质定性结果的聚类分析

Fig. 6　Cluster results on sensory aroma attributes and qualitative results of volatile substances



（a）　（b）　（c）

图 7　不同品种菊花茶汤香气感官评分

Fig. 7　Aroma sensory scores of different *Chrysanthemum* infusion

来说朵菊时期 OAV>1 的挥发性物质数量略多于胎菊时期。

雪菊 OAV 最高的化合物均是 β-紫罗兰酮，其也是乌龙茶的主要香气成分[22]，评价员在嗅闻雪菊不同采摘时期茶汤时也均表示存在类似乌龙茶的茶香气，胎菊的 OAV 更大，对应于其感官香气属性强度胎菊也高于朵菊。在水基质中，β-紫罗兰酮的气味阈值非常低，结合上述分析，β-紫罗兰酮可以被认为是雪菊的主要香气成分之一。另外，右旋香芹酮被认为是雪菊的另一种主要香气成分[23]，通过文献发现高海拔植物中的主要香气成分大多含有右旋香芹酮，例如藏茴香[24]、高山韭[25]等，因此推测雪菊茶汤香气中右旋香芹酮 OAV 远高于其他品种菊花可能与其高海拔的生长环境有关。其他主要香气成分，例如雪菊胎菊特有的月桂烯，被描述具有“清淡的香脂、泥土、草本”的气味[26]，对应于胎菊茶汤感官中松针、松脂、土腥味香气属性分数更高；雪菊朵菊特有的苯甲醛，被描述具有“苦杏仁味”，对应于朵菊茶汤感官中药、艾草味香气属性分数更高。

结合表 3 可以看出，正壬醛为第二类样品所有茶汤均存在的主要香气成分，其他两类样品该成分 OAV 较低或不存在，正壬醛被描述具有“强烈的油脂气息，稀释时则呈现出玫瑰和柑橘样的香气”，第三类样品茶汤中均存在桉叶油醇，且第二类的大部分样品中桉叶油醇也作为主要香气成分之一。比较 OAV 和感官菊花味香气，推测正壬醛贡献了人们熟悉的菊花香气，且桉叶油醇对其存在协同效应。

3　结　语

不同采摘时期的菊花茶汤样品由训练有素的感官小组进行评估，前期通过培训，并经讨论得到滋味、口感和香气 3 个维度的感官属性，丰富了菊花茶汤的感官描述词库。描述性分析结果表明，对于大多数茶用菊花品种来说，处于胎菊状态下的茶汤甜味和苦味相关滋味属性更强；朵菊茶汤饮用时大多具有顺滑和清凉的口感；菊花茶汤的香气维度

表 3　菊花茶汤挥发性成分的 OAV

Table 3　OAV of volatile compounds in *Chrysanthemum* infusion

编号	化合物名称	化合物类别	OAV														
			雪菊 t	雪菊 d	兰溪 t	兰溪 d	苏北菊 t	苏北菊 d	祁白菊 t	祁白菊 d	ABRCt	ABRCd	福白菊 t	福白菊 d	桐乡 t	桐乡 d	山西 t	山西 d
1	2-苯乙醇	醇类	—	—	—	—	—	—	—	76.29	—	—	—	—	—	—	—	—
2	二甲基硫	醚类	9.60	9.73	—	—	—	<1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	β-紫罗兰酮	酮类	2 868.89	2 647.96	18.27	14.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	2-蒎烯	萜类	14.82	8.94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<1	<1	—	—	—
5	丁香酚	酚类	73.27	103.66	—	—	—	—	—	1.86	—	—	—	—	—	—	—	—
6	对伞花烃	萜类	43.99	9.40	<1	—	—	<1	<1	<1	<1	—	<1	<1	<1	-	2.16	1.64
7	苯甲醛	醛类	<1	1.19	—	—	—	—	—	—	—	—	<1	<1	<1	<1	<1	<1
8	对甲酚	酚类	—	—	—	—	—	—	—	3.31	—	—	—	—	—	—	—	—
9	甲基庚烯酮	酮类	<1	<1	<1	<1	<1	—	—	—	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1.07
10	癸醛	醛类	—	—	—	—	11.77	5.89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	月桂烯	萜类	17.91	—	<1	<1	—	<1	—	—	<1	<1	—	—	—	—	—	—
12	正壬醛	醛类	—	—	6.73	3.80	10.97	5.59	7.97	11.43	5.88	4.29	<1	<1	<1	<1	—	—
13	异龙脑	醇类	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6.92	—
14	桉叶油醇	醇类	—	—	<1	1.41	2.42	1.21	1.86	53.63	2.25	<1	4.62	6.82	3.12	6.09	46.72	67.12
15	香芹酚	酚类	1.59	2.49	—	—	<1	<1	<1	<1	—	—	—	—	—	—	1.71	2.27
16	邻异丙基甲苯	萜类	—	40.46	-	<1	<1	—	—	1.43	—	<1	—	2.18	—	<1	—	—
17	2,4-二甲基苯乙烯	烃类	<1	1.23	<1	<1	<1	—	—	<1	<1	<1	—	—	—	—	—	—
18	右旋香芹酮	酮类	332.89	529.99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	右旋萜二烯	萜类	17.05	5.30	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	—	—	<1	<1	<1	—
20	2,2,4-三甲基戊二醇异丁酯	酯类	1.30	—	<1	—	<1	<1	<1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	β-紫罗酮	酮类	—	—	—	—	—	—	21.79	—	—	—	—	—	—	—	—	—

上，不同品种间的差异是大于采摘时期的，但不可否认，个别品种采摘时期对茶汤香气属性的挥发性物质数量和强度存在影响。本研究提供了初步的感官术语词汇和定量描述性分析评价体系，有望对市面上茶用菊花茶汤的评价和质量控制有所裨益，并为菊花茶的市场推广和消费者的产品选择提供指导。

通过对茶汤的总酚、总黄酮、可溶性糖、浸出物、常见游离氨基酸和挥发性物质的测定，发现黄酮类化合物是茶汤酚类化合物的重要组成部分，酚类化合物以及浸出物的含量在一定程度上影响茶汤的滋味，而可溶性糖和游离氨基酸因含量过少，并不直接影响茶汤滋味。RV 系数表明挥发性物质的数量与感官香气存在正相关的关系，即化合物数量越多，评价员能感受到的菊花茶汤的香气就越馥郁；通过比较不同品种间挥发性物质的 OAV，推测人们常说的菊花香气来源于正壬醛和桉叶油醇的协同作用，雪菊因其高海拔的生长环境，其传统菊花香气较弱，不同采摘时期茶汤香气均以 β-紫罗兰酮和右旋香芹酮为主。后续的研究将着眼于黄酮类和有机酸类活性物质的表征，寻找影响茶汤滋味的具体物质及特征指标，并将探索香气化合物和香气属性之间的相关性，为进一步推进我国菊花研究提供依据。

参考文献：

[1] HADIZADEH H,SAMIEI L,SHAKERI A. *Chrysanthemum*,an ornamental genus with considerable medicinal value:a comprehensive review[J]. **South African Journal of Botany**,2022,144:23-43.

[2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:三部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020.

[3] 王蔚新,张俊,占剑峰,等. 福白菊胎菊与朵菊粗多糖体外抗氧化活性分析[J]. 黄冈师范学院学报,2020,40(6):9-13.
WANG W X,ZHANG J,ZHAN J F,et al. Antioxidant activity determination of crude polysaccharides from Taiju and Duoju of *Chrysanthemum* Fubai *in vitro*[J]. **Journal of Huanggang Normal University**,2020,40(6):9-13. (in Chinese)

[4] 李谣. 昆仑雪菊多酚提取物对 *D*-GalN/LPS 诱导小鼠急性肝损伤的保护作用研究[D]. 重庆:西南大学,2017.

[5] 周丽，龚佳，段莹，等. 传统杭白菊（朵菊）和胎菊的品质比较[J]. 食品工业，2014，35（10）：236-240.
ZHOU L，GONG J，DUAN Y，et al. Comparative study on sensory quality and bioactive components of traditional *Chrysanthemum*（Duoju）and Taiju[J]. **The Food Industry**，2014，35（10）：236-240.（in Chinese）
[6] LI H H，LUO L Y，WANG J，et al. Lexicon development and quantitative descriptive analysis of Hunan fuzhuan brick tea infusion[J]. **Food Research International**，2019，120：275-284.
[7] 蒋容港，黄燕，金友兰，等. 茯砖茶呈香挥发性物质及其来源[J]. 食品与生物技术学报，2021，40（9）：101-111.
JIANG R G，HUANG Y，JIN Y L，et al. Study of aroma compounds and their source in Fu brick tea [J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**，2021，40（9）：101-111.（in Chinese）
[8] ZHANG X X，YU X F，SHI Y Y，et al. *Chrysanthemum morifolium* cv. Hang-ju leaves：an abundant source of preservatives for food industry[J]. **European Food Research and Technology**，2020，246（5）：939-946.
[9] 鲍王璐，孟婷婷，佟恩杰，等. 整粒小麦加工全麦脆片前后营养成分的变化[J]. 食品与生物技术学报，2020，39（7）：67-73.
BAO W L，MENG T T，TONG E J，et al. Changes of nutrients in whole wheat grains before and after processed into whole wheat crisps[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**，2020，39（7）：67-73.（in Chinese）
[10] KOCH I S，MULLER M，JOUBERT E，et al. Sensory characterization of rooibos tea and the development of a rooibos sensory wheel and lexicon[J]. **Food Research International**，2012，46（1）：217-228.
[11] CAO X J，XIONG X，XU Z H，et al. Comparison of phenolic substances and antioxidant activities in different varieties of *Chrysanthemum* flower under simulated tea making conditions [J]. **Journal of Food Measurement and Characterization**，2020，14（3）：1443-1450.
[12] GONG J Y，CHU B Q，GONG L X，et al. Comparison of phenolic compounds and the antioxidant activities of fifteen *Chrysanthemum morifolium* Ramat cv. 'hangbaiju' in China[J]. **Antioxidants**，2019，8（8）：325.
[13] 聂秋宁. 基于风味组学的茶叶香味与成分的映射关联评价研究[D]. 雅安：四川农业大学，2020.
[14] SUN M，YANG F F，HOU W Y，et al. Dynamic variation of amino acid contents and identification of sterols in Xinyang Mao Jian green tea[J]. **Molecules**，2022，27（11）：3562.
[15] CANAS S，CALDEIRA I，ANJOS O，et al. Phenolic profile and colour acquired by the wine spirit in the beginning of ageing：alternative technology using micro-oxygenation vs traditional technology[J]. **LWT–Food Science & Technology**，2019，111：260-269.
[16] RONG Y Z，GU X Z，LI D N，et al. Characterization of aroma，sensory and taste properties of *Angelica keiskei* tea[J]. **European Food Research and Technology**，2021，247（7）：1665-1677.
[17] 陈美丽，唐德松，龚淑英，等. 绿茶滋味品质的定量分析及其相关性评价[J]. 浙江大学学报（农业与生命科学版），2014，40（6）：670-678.
CHEN M L，TANG D S，GONG S Y，et al. Quantitative analysis and correlation evaluation on taste quality of green tea [J]. **Journal of Zhejiang University（Agriculture and Life Sciences）**，2014，40（6）：670-678.（in Chinese）
[18] JIN H，FISHMAN Z H，YE M Y，et al. Top-down control of sweet and bitter taste in the mammalian brain[J]. **Cell**，2021，184（1）：257-271.
[19] 刘沁. 影响雪菊品质的一些因素分析[D]. 乌鲁木齐：新疆农业大学，2016.
[20] 冯涛，桑敏，庄海宁，等. 银杏葡萄酒香气成分的萃取条件优化及其香气物质的测定[J]. 食品与生物技术学报，2019，38（5）：124-131.
FENG T，SANG M，ZHUANG H N，et al. Optimization of aroma compounds extraction and the determination of odorants in *Ginkgo* grape wine[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**，2019，38（5）：124-131.（in Chinese）
[21] 里奥·范海默特. 化合物嗅觉阈值汇编[M]. 李智宇，王凯，冒德寿，等译. 北京：科学出版社，2018.
[22] ZHU J C，CHEN F，WANG L Y，et al. Comparison of aroma-active volatiles in oolong tea infusions using GC-olfactometry，GC-FPD，and GC-MS[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**，2015，63（34）：7499-7510.
[23] 宋生建，王小标，钟凯强，等. 雪菊酒酿造工艺优化及香气成分分析[J]. 食品工业，2018，39（1）：8-13.
SONG S J，WANG X B，ZHONG K Q，et al. Optimization of fermentation process for *Coreopsis tinctoria* Nutt. wine and analysis of aroma components[J]. **The Food Industry**，2018，39（1）：8-13.（in Chinese）
[24] 白雪，曾擎屹，马家麟，等. 藏茴香超临界 CO_2 萃取物的化学成分及抗菌活性的研究[J]. 中国食品添加剂，2016（2）：106-111.
BAI X，ZENG Q Y，MA J L，et al. Chemical composition and antibacterial activity analysis of *Carum carvi* L. by supercritical CO_2 extraction technique[J]. **China Food Additives**，2016（2）：106-111.（in Chinese）
[25] 白玛央宗，普布多吉，马超. 高山韭挥发性成分 HS-SPME-GC-MS 分析及香料搭配应用[J]. 西藏科技，2020（12）：16-18.
BAIMA Y Z，JIBU D J，MA C. Analysis of volatile components of *Allium tuberosum* by HS-SPME-GC-MS and application of spice collocation[J]. **Tibet Science and Technology**，2020（12）：16-18.（in Chinese）
[26] SURENDRAN S，QASSADI F，SURENDRAN G，et al. Myrcene-what are the potential health benefits of this flavouring and aroma agent?[J]. **Frontiers in Nutrition**，2021，8：699666.