

干制对玫瑰花芳香品质的影响研究

郝瑞杰,程福慧,杨姝婷

(山西农业大学 园艺学院,山西 太谷 030801)

摘要:玫瑰花是著名的药用、茶用材料,干制是其广泛采用的加工方式。为阐明玫瑰花朵干制过程中芳香物质的变化规律,以‘丰花’‘苦水’玫瑰为材料,采用烘箱干制不同时期的玫瑰花朵,并利用气相色谱质谱联用技术定量分析花朵烘干后芳香物质的含量情况。结果表明,采用50℃干燥条件,各品种开放花朵、花蕾分别需要烘干5.5、12 h达到质量恒定;玫瑰不同时期花朵干制后共检测出21种挥发成分,大蕾期、半开期检测到的挥发成分种类多于小蕾期与盛花期;定量分析干制后玫瑰花朵特征芳香成分,‘丰花’‘苦水’玫瑰中苯甲醇、苯乙醇、香茅醇等分别在大蕾期保存较多,盛花期保留最少。该研究的实施明确了玫瑰干制过程中芳香物质的保留规律,为进一步优化玫瑰干制技术体系,促进玫瑰产业健康发展提供了试验支持。

关键词:干制;玫瑰;芳香物质;GC-MS

中图分类号:S685.12

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2022)02-0127-06

Effect of Drying on the Aroma Quality of *Rosa rugosa* Flowers

HAO Rui-jie, CHENG Fu-hui, YANG Shu-ting

(College of Horticulture, Shanxi Agriculture University, Taigu, Shanxi 030801, China)

Abstract: Rose flower is a famous medicinal and tea material, and drying is a widespread processing method for rose flowers. In order to clarify the change rules of aromatic substances in the process of drying, two rose cultivars, ‘Fenghua’ and ‘Kushui’ were used as materials. Flowers with different development stages were dried in an oven. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) technology was used to quantitatively analyze the content of aromatic substances in dried flowers. The results showed that the flowers and buds of two varieties need to be dried for 5.5 h and 12 h, respectively to achieve constant weight under the drying temperature of 50℃. A total of 21 volatile components were detected in the dried flowers with different stages. The types of volatile components detected in the large bud and half-open stage were more than those in the small bud and full bloom stage. Quantitative analysis for the characteristic aroma components of dried rose flowers revealed that the benzyl alcohol, phenethyl alcohol, and citronellol from ‘Fenghua’ and ‘Kushui’ were relatively more preserved in the large bud stage, while the least preserved in the full bloom stage. The research elucidated the retention rules of aromatic substances in the rose drying process, which provided experimental support for further optimizing the rose drying technology system and promoting the healthy development of the rose industry.

Key words: *Rosa rugosa*; drying; aromatic substance; GC-MS

玫瑰(*Rosa rugosa*)是著名观赏花木,因花色艳丽、花型秀美、花香馥郁而广受喜爱^[1]。我国玫瑰品种资源丰富,其中‘丰花’玫瑰抗性强、香气品质好,

在我国北方栽培广泛;‘苦水’玫瑰来源于自然杂交,适应性强,是甘肃省永登县主栽的品种^[2]。玫瑰花富含多种营养物质,具有抗氧化活性、免疫调节、行

收稿日期:2021-08-04 修回日期:2021-09-22

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31870696)。

第一作者:郝瑞杰,博士,副教授,硕士生导师。研究方向:植物芳香机理及代谢。E-mail:hrj000@126.com

气解郁等功能^[3],是应用广泛的药食同源材料^[4]。

随着玫瑰花市场需求不断增加,我国玫瑰种植面积不断增大,但是玫瑰鲜花不易保存,为满足更大时空范围的需求,将玫瑰花干制是普遍采用的方法^[5]。目前鲜花可采用冷冻^[6]、热风^[7]和微波^[8]等多种方法脱水干燥,但各干燥过程都会造成鲜花的部分营养成分损失^[9],如李凤英等^[10]发现干制影响了鲜花中多酚、黄酮等物质的含量,也有研究表明干制对芳香成分有显著影响^[11]。

芳香成分是评价芳香原料的关键指标^[12],玫瑰花香中所含芳香成分是其作为中药材和保健品的重要物质基础,干制玫瑰花中芳香成分含量的高低,直接影响着玫瑰花的品质。对玫瑰鲜花和玫瑰精油芳香成分已有大量研究,已明确其芳香成分主要有香茅醇、香叶醇、乙酸香茅酯和橙花醇等^[13],但关于干制对玫瑰香气品质影响的研究仍然鲜有报道。本试验以不同时期‘丰花’玫瑰与‘苦水’玫瑰的花朵为材料,通过烘箱干燥获取干花,利用 GC-MS 协助分析玫瑰花朵干制后芳香成分的保留与变化情况,以期对玫瑰干制技术体系的完善提供试验依据,并为玫瑰干制产品的合理利用及玫瑰产业的良性发展奠定实践基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验所采用的植物材料为‘丰花’玫瑰与‘苦水’玫瑰,均栽植于山西农业大学园艺试验站,植株露地栽培、长势良好、无病虫害。

试验工具及试剂包括剪刀、镊子、塑封袋、一次性手套、低温储藏箱、2 mL 进样瓶、移液枪、离心管、乙酸乙酯和苯甲酸乙酯标样。

1.2 试验方法

1.2.1 花朵烘干 随机选取生长健壮的玫瑰植株采样,摘取小花蕾期、大花蕾期、半开期和盛花期 4

个时期的玫瑰花朵。将采集的各个时期新鲜玫瑰花朵分别置于烘箱中,50 ℃ 烘制,定时对样品进行称重检测,烘干至质量恒重后备用。

1.2.2 挥发成分提取 称取 0.400 g 不同时期的玫瑰干花研磨至粉末,分别加入 2 mL 乙酸乙酯并在 25 ℃ 下 150 r/min 振荡萃取 12 h。将样品在 4 ℃ 下 12 000 r/min 离心 10 min 后用针管提取上清液,并通过 0.45 μm 微孔过滤转移至新离心管中。各取 1 000 μL 样品溶液于进样瓶中,分别加入不同稀释倍数的苯甲酸乙酯标品溶液 20 μL 以备分析。每个处理设置 6 次重复。

1.2.3 GC-MS 分析 样品采用 Thermo 公司生产的 Trace ISQ 型号 GC-MS 仪器进行分析。色谱柱为 DB-5MS,载气为 He;进样体积 1 μL,不分流。升温程序:40 ℃ 保持 2 min,随后以 4 ℃/min 升温至 180 ℃ 并保持 3 min;最后以 20 ℃/min 升温至 240 ℃。EI 源能量 70 eV,扫描范围 29~500 amu。

1.3 数据处理

挥发成分鉴定由 NIST 谱库检索结合人工解析图谱进行,相对含量分析采用峰面积归一法处理,挥发成分定量采用内标法。

2 结果与分析

2.1 干制过程花朵质量变化

图 1 表示盛花期和半开期‘丰花’玫瑰与‘苦水’玫瑰在干制过程中的质量变化情况。从图 1 可知,在 0.5~5.5 h ‘丰花’玫瑰半开期和盛花期花朵都表现为质量快速减少,之后随着干燥时间的延长干花质量趋于稳定。比较盛花期花朵与半开期花朵质量,在 0 h 时,盛花期花朵明显大于半开期,而在 5.5 h 后盛花期花朵与半开期花朵质量几乎一致,这说明相对于半开期花朵,盛花期花朵含水量更大。对于‘苦水’玫瑰,干燥过程花朵质量变化基本与‘丰花’玫瑰一致,但‘苦水’玫瑰在干制 0~1.5 h 花朵失水更快。

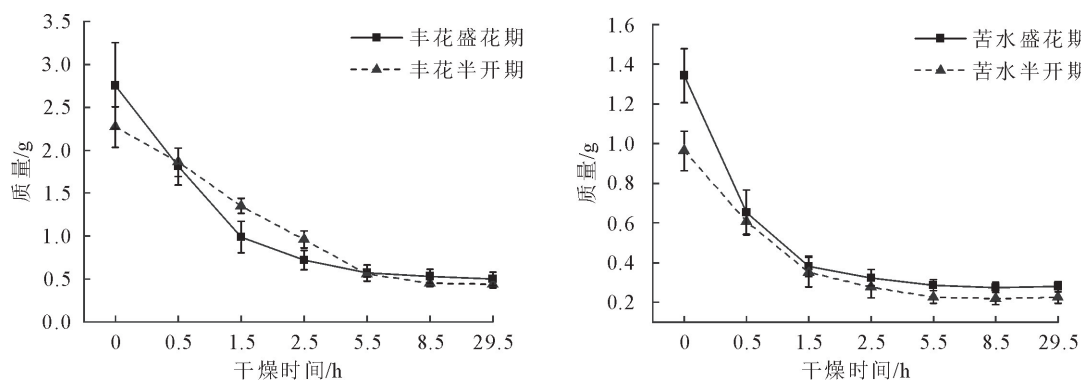


图 1 盛花期与半开期玫瑰花朵干燥过程中质量的变化

Fig. 1 Change of the quality of rose flower in full bloom and early bloom during drying

由图 2 可知,大蕾期和小蕾期玫瑰花朵在干燥过程中质量的变化情况。随着干燥的进行,‘丰花’玫瑰大蕾与小蕾的质量逐渐减少,在 0~5 h 内大蕾、小蕾质量均快速减少,5~24 h 内花蕾质量变化减缓,24 h 后质量趋于稳定。‘丰花’玫瑰在 0 h 时大蕾质量明显大于小蕾,干制完成后二者质量几乎相同,这说明 2 个时期花蕾干物质积累量比较一致。

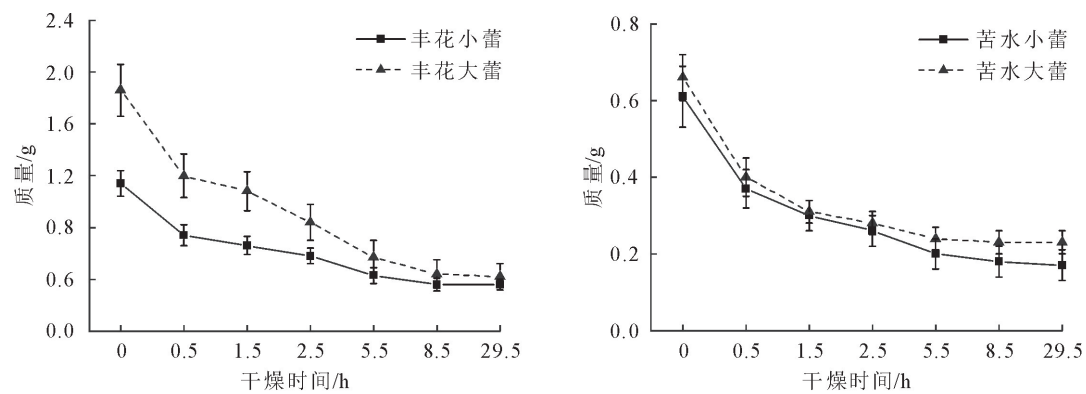


图 2 蕾期玫瑰烘干过程中质量的变化情况
Fig. 2 Quality change of rose in bud stage during drying

表 1 不同时期玫瑰花朵干制后挥发成分变化

Table 1 Relative content of volatile compounds in dried roses from different stages

序号	化合物名称	相对含量/%							
		丰花				苦水			
		小蕾	大蕾	半开	盛花	小蕾	大蕾	半开	盛花
	醇类								
1	苯甲醇	—	1.36±0.37	—	—	39.44±3.06	33.04±3.05	—	—
2	苯乙醇	38.00±2.68	50.75±0.21	18.04±4.11	—	—	—	—	—
3	D-香茅醇	—	12.29±0.90	10.55±1.45	—	—	18.63±1.78	14.65±4.65	16.19±4.69
4	金合欢醇	—	—	—	—	—	—	10.39±2.27	17.84±3.70
5	(2Z,6E)-法尼醇	—	—	—	—	—	—	8.39±1.39	—
	酯类								
6	乙酸异丙酯	—	—	6.08±1.29	1.75±0.17	9.89±1.37	7.60±2.19	6.33±1.30	6.37±0.68
7	乙酸香茅酯	—	1.00±0.08	8.97±0.81	—	—	—	8.03±0.91	7.98±2.11
8	乙酸苯甲酯	2.63±0.10	—	—	—	11.96±2.63	7.45±1.88	—	—
9	乙酸苯乙酯	—	7.75±0.80	12.64±1.64	—	—	—	—	—
10	苯酸甲酯	29.12±5.36	5.69±1.03	—	7.27±1.20	—	11.08±1.57	12.59±0.57	10.84±3.49
	酚类								
11	甲基丁香酚	5.58±1.37	6.87±0.72	14.52±1.82	—	—	—	5.69±2.01	—
12	2,4-二叔丁基酚	4.38±0.34	5.85±0.12	12.97±2.31	—	21.29±3.04	12.56±4.43	—	—
13	丁香酚	17.82±2.85	3.91±0.67	—	—	—	—	—	—
	醛类								
14	庚醛	—	—	—	7.67±1.39	—	—	4.98±0.44	10.13±1.18
15	肉豆蔻醛	—	—	5.29±0.35	—	—	—	—	—
	烯萜类								
16	α-法尼烯	—	3.31±0.16	11.52±2.02	—	—	—	4.97±0.63	7.70±2.19
17	(+)-香橙烯	—	—	—	—	12.71±2.13	8.80±1.55	8.39±0.69	17.25±3.50
	酮类								
18	3-乙酰氧基-2-丁酮	2.65±1.29	—	—	—	—	—	—	—
19	2-十九烷酮	—	—	—	—	—	—	—	5.24±0.15
20	2-十三烷酮	—	0.79±0.32	—	—	—	—	—	—
	芳香烃类								
21	甲苯	1.96±0.68	0.42±0.01	—	—	5.27±0.98	5.30±0.77	3.29±0.00	—

注:—表示未检出。

50.75%,而‘苦水’玫瑰中含量最高的是在小蕾期检测到的苯甲醇。(2Z,6E)-法尼醇、肉豆蔻醛等5种化合物属于独特成分,在各处理中只能零星少量检测到,其中(2Z,6E)-法尼醇相对含量最高也仅有8.39%。品种间比较,‘丰花’各时期共检测到17种成分,而‘苦水’在各时期共检测到15种成分,2品种挥发物组成差异明显,共有的化合物仅有12种。比较2个品种不同时期挥发成分也展示了明显的规律,‘丰花’玫瑰不同时期分别检测出8、12、9、3种挥发成分,而‘苦水’玫瑰分别检测出6、8、11、9种挥发成分。‘丰花’玫瑰盛花期挥发成分极少,仅有3种,而大蕾期与半开期之间共有成分多达7种。研究发现不同时期挥发成分‘苦水’玫瑰存在与‘丰花’玫瑰类似的规律,即从小蕾期至盛花期挥发成分逐步变化,且各相邻阶段之间共有成分较多。

2.3 不同时期玫瑰花朵干制后挥发物类型变化

各类挥发成分在不同时期干制玫瑰中展现出多种变化趋势。‘苦水’玫瑰中酯类物质在各时期的相对含量比较稳定,其中半开期酯类物质含量最高达26.94%,‘丰花’玫瑰酯类物质含量最高时期也在半开期,而在盛花期急剧减少(图3A)。醇类物质的相对含量在‘丰花’大花蕾期最高达64.40%,其化合物也有3种,对于‘苦水’玫瑰,醇类物质在各个时期相对含量变化规律与‘丰花’一致,但‘苦水’玫瑰在盛花期仍然能检测到醇类物质(图3B)。2品种在小蕾期均能检测到较高含量的酚类物质,不同的是半开期‘苦水’玫瑰酚类物质相对含量仅有5.69%,可检测到的酚类物质数目也只有1种(图3C)。玫瑰醇类、酯类、酚类物质中多包含特征性的芳香成分(表1),各个时期比较发现蕾期醇类、酚类物质较为丰富,半开期酯类物质含量较多,而在盛花期,各类物质都显著减少(图3)。

2.4 不同时期玫瑰花朵干制后主要芳香成分的含量变化

为进一步探索玫瑰干制后挥发成分的变化情况,研究进一步对关键化合物进行了定量分析。由图4可知,‘丰花’玫瑰、‘苦水’玫瑰各时期花朵干制后关键挥发成分表现出了不同的保留规律。‘丰花’玫瑰大蕾期可检测到大量挥发成分(图4A),其中苯乙醇含量最高,达到了 $712.07 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,D-香茅醇的含量也达到了 $139.90 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,半开期‘丰花’玫瑰的关键挥发成分含量急剧降低,苯乙醇的含量仅有 $29.36 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。与‘丰花’玫瑰相比,‘苦水’玫瑰大蕾期挥发成分保留较少(图4B),其中D-香茅醇仅有 $56.08 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$,但在半开期与盛花期‘苦水’玫瑰仍可检测到D-香茅醇、乙酸香茅酯等,

盛花期乙酸香茅酯含量可达 $11.31 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

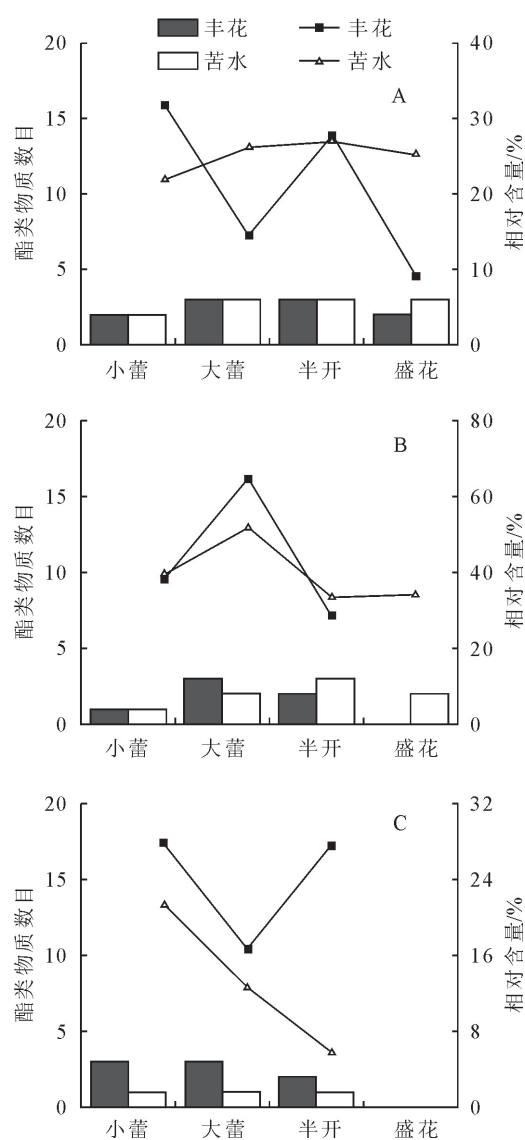


图3 不同时期玫瑰花朵干制后挥发物类型变化

Fig. 3 The number and relative content of volatile type from dried flowers with different development

3 结论与讨论

干制是通过减少农产品含水量以利于贮藏的加工方式^[14],干制过程不可避免会造成原材料营养成分、功能成分的破坏,为提高干制产品的品质,系统地优化干制工艺必不可少。已有研究表明过高的干燥温度、过长的干燥时间都会直接影响干制品质^[15],石维善等^[16]研究菠萝蜜干制过程发现,干燥温度与物料体积对干燥速率有显著性影响,田宴巾等^[17]优化胡萝卜干制指标时也发现不同切片厚度显著影响了干制后胡萝卜片的形状。‘丰花’玫瑰鲜花体积与重量都大于‘苦水’玫瑰,本研究也证实‘苦水’玫瑰表现出了干燥速度更快的特点。与花期比较,2种玫瑰品种蕾期烘干至质量恒定需要时间更长,这说明开放状态的花朵更容易散失水分,其花瓣

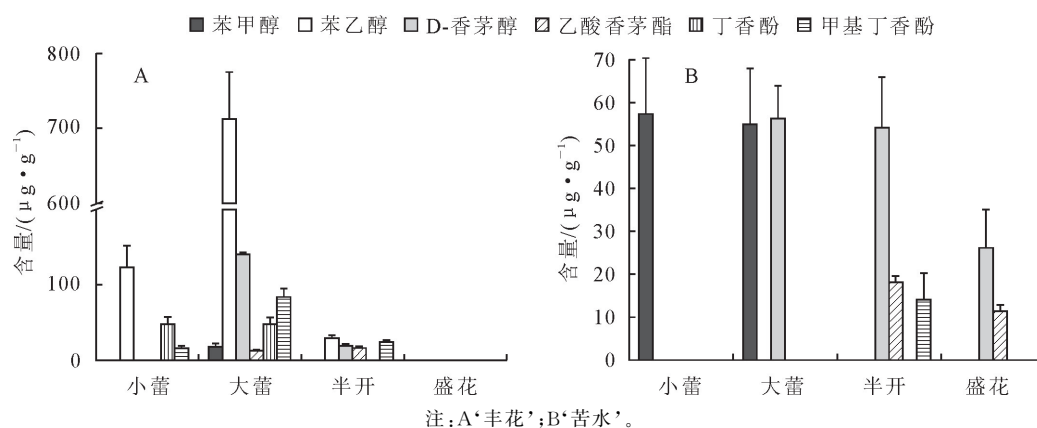


图4 不同时期玫瑰花干制后主要挥发成分含量

Fig. 4 The contents of characteristic volatile compounds from dried flowers with different development

也由于失水过快而造成扭曲^[18]。本研究发现,干制后大蕾与初开期、盛花期花朵干花质量相近,而与小蕾期干花质量差异较大,这说明花朵各时期花朵干物质积累与含水量有各自特征,生产上适时采收才能有效保障产量。

植物芳香成分多为易挥发的小分子化合物^[19],植物开花时,在常温下也能向空气中大量挥发^[20]。本研究前期发现,‘丰花’玫瑰盛花期可检测到59种挥发成分^[21],并通过乙酸乙酯萃取定量分析了22种主要挥发成分的含量^[22]。本研究花朵干制后,‘丰花’玫瑰半开期仅检测到9种成分,分子量较小的醇类、酯类挥发物基本损失殆尽。生产中干制玫瑰通过冷凝回收技术可以获得“玫瑰花细胞液”等增值产品^[23],且这些产品多表现清香的嗅觉特征,与本研究结果一致,2个品种玫瑰干制后损失的也多是具有清香特征的小分子挥发物。‘丰花’玫瑰盛花期花朵主要特征香气成分为分子量相对大的苯乙醇、香茅醇等^[22],本研究‘丰花’玫瑰与‘苦水’玫瑰部分时期花朵干制后还可检测到一定量苯乙醇、苯甲醇和香茅醇等成分存在,这与干制玫瑰仍然具有玫瑰风味的事实是一致的。

干制过程不仅会引起挥发成分散失,也会由于高分子化合物分解而产生新的挥发物^[24]。闫忠心等^[25]利用多种方法干制红枣,判定干制后红枣香气品质显著提升,但也有研究发现干制枣果时不适合的加工方式也会产生糊味物质而影响品质^[26]。本研究玫瑰2品种干制后可检测到少量鲜花中未出现的醛、酮类物质,这可能进一步关系到了玫瑰干制产品的品质。李佳等^[27]干制哈密瓜片时发现随着干制温度升高香气成分增多,本研究材料以不同开花时期花朵为主,缺乏果实材料中的丰富贮藏物质,试验中仅采用50℃温度烘制,但不同时期花朵已经表现出明显区别,大蕾虽然保留了较多的芳香成分,但

盛花期花朵芳香物质十分缺乏,因此玫瑰干制时选择合适材料,并尽可能保留原有芳香物质应是技术优化的核心问题。

玫瑰花是著名的药用、茶用材料,干制是其广泛采用的加工方式。鲜花干制后小分子挥发成分损失巨大,但由于鲜花挥发成分的固有差异,干制后‘丰花’玫瑰、‘苦水’玫瑰仍各自保留部分苯甲醇、苯乙醇等特征芳香成分。因为开放状态、发育阶段等差异,不同时期的花朵材料干制过程失水规律不同,且干制后芳香特征区别明显。本研究的实施进一步明确了花朵干制过程中水分、芳香物质的变化规律,为优化玫瑰干制技术体系,提供差异化产品,促进玫瑰产业健康发展提供了试验支持。

参考文献:

- [1] 李玉舒,张启翔. 中国玫瑰品种资源花粉形态的观察与比较[J]. 北方园艺,2009(8):179-182.
LI Y S, ZHANG Q X. Observations and comparisons on the pollen morphology of *Rosa rugosa* cultivars resources of China [J]. Northern Horticulture, 2009(8):179-182. (in Chinese)
- [2] 马希汉,王永红,胡亚云,等. 精油玫瑰研究[J]. 西北林学院学报,2004,19(4):138-141.
MA X H, WANG Y H, HU Y Y, et al. Advances in the research of oil-bearing roses [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004, 19(4):138-141. (in Chinese)
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020.
- [4] 中华人民共和国卫生健康委员会. 卫生部关于进一步规范保健食品原料管理的通知[EB/OL]. (2002-02-28)/[2002-03-11].
<http://www.nhc.gov.cn/wjw/gfxwj/201304/e33435ce0d894051b15490aa3219cdc4.shtml>.
- [5] 宋春芳,覃永红,周黎,等. 不同干燥方法对玫瑰花瓣质量的影响[J]. 东北林业大学学报,2011,39(3):41-43.
SONG C F, QIN Y H, ZHOU L, et al. Effects of different drying methods on quality of rose petals [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2011, 39(3):41-43. (in Chinese)
- [6] 马有川,毕金峰,易建勇,等. 预冻对苹果片真空冷冻干燥特性

- 及品质的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(18): 249-258.
- MA Y C, BI J F, YI J Y, *et al.* Effects of pre-freezing on the drying characteristics and quality parameters of freeze drying apple slices[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2020, 36(18): 249-258. (in Chinese)
- [7] 茹赛红, 曾晖, 方岩雄, 等. 微波干燥和热风干燥对金萱茶叶品质影响[J]. 化工进展, 2012, 31(10): 2183-2186.
- RU S H, ZENG H, FANG Y X, *et al.* Effect of microwave drying and hot air drying on quality of Jin Xuan tea[J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2012, 31(10): 2183-2186. (in Chinese)
- [8] 和珊, 丁超, 杨国峰, 等. 微波干燥对油菜籽品质及气味成分的影响[J]. 中国粮油学报, 2013, 28(1): 48-54.
- HE S, DING C, YANG G F, *et al.* Effect of microwave drying on quality and volatile profiles of rapeseeds[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2013, 28(1): 48-54. (in Chinese)
- [9] 洪亚辉, 张永和, 屠波, 等. 不同品种的黄花菜鲜干花营养成分比较[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2003, 29(6): 503-505.
- HONG Y H, ZHANG Y H, TU B, *et al.* The nutritious comparison and analysis of fresh daylily and dried daylily in different breeds[J]. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2003, 29(6): 503-505. (in Chinese)
- [10] 李凤英, 郑立红, 刘秀凤. 发育时期及干燥方法对玫瑰花抗氧化活性及主要成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(17): 371-372, 397.
- LI F Y, ZHENG L H, LIU X F. Effects of growth periods and drying methods on the antioxidant activity and major components of rose flower[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(17): 371-372, 397. (in Chinese)
- [11] 蔡长河, 郭际, 曾庆孝. 荔枝及其干制后香气成分的研究[J]. 食品科学, 2007, 334(9): 455-461.
- CAI C H, GUO J, ZENG Q X. Study on aromatic components of fresh litchi and dried litchi[J]. Food Science, 2007, 334(9): 455-461. (in Chinese)
- [12] 安会敏, 欧行畅, 熊一帆, 等. 茉莉花茶特征香气成分研究[J]. 茶叶科学, 2020, 40(2): 87-99.
- AN H M, OU X C, XIONG Y F, *et al.* Study on the characteristic aroma components of jasmine tea[J]. Journal of Tea Science, 2020, 40(2): 87-99. (in Chinese)
- [13] 冯立国, 生利霞, 赵兰勇, 等. 玫瑰花发育过程中芳香成分及含量的变化[J]. 中国农业科学, 2008, 41(12): 410-420.
- FENG L G, SHENG L X, ZHAO L Y, *et al.* Changes of the aroma constituents and contents in the course of *Rosa rugosa* Thunb. flower development[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(12): 410-420. (in Chinese)
- [14] ZHAO R, GAO T. Research progress of hot air drying technology for fruits and vegetables[J]. Advance Journal of Food Science and Technology, 2016, 10(3): 160-166.
- [15] WANG Y, LI X, CHEN X, *et al.* Effects of hot air and microwave-assisted drying on drying kinetics, physicochemical properties, and energy consumption of *Chrysanthemum* [J]. Chemical Engineering and Processing, 2018, 129: 84-94.
- [16] 石维善, 李保国. 菠萝蜜热泵干燥机理及工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(22): 102-105.
- SHI W S, LI B G. Jackfruit heat pump drying mechanism and process research[J]. Food Research and Development, 2015, 36(22): 102-105. (in Chinese)
- [17] 田宴巾, 黄钰雯, 曹非凡, 等. 胡萝卜热风干燥多指标综合分析[J]. 农产品加工, 2017, 431(9): 23-26.
- TIAN Y J, HUANG Y W, CAO F F, *et al.* Multi-index comprehensive evaluation of carrot hot air drying[J]. Farm Products Processing[J]. 2017, 431(9): 23-26. (in Chinese)
- [18] 孙东宇, 郑志安, 李博睿, 等. 杭白菊干燥技术及干燥品质研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(15): 295-300.
- SUN D Y, ZHENG Z A, LI B R, *et al.* Research progress on drying technology and drying quality of *Chrysanthemum morifolium* [J]. Food and Fermentation Industries, 2020, 46(15): 295-300. (in Chinese)
- [19] WIDHALM J R, JAINI R, MORGAN J A, *et al.* Rethinking how volatiles are released from plant cells[J]. Trends in Plant Science, 2015, 20(9): 545-550.
- [20] ADEBESIN F, WIDHALM J R, BOACHON B, *et al.* Emission of volatile organic compounds from petunia flowers is facilitated by an ABC transporter [J]. Science, 2017, 356(6345): 1386-1388.
- [21] 袁颖, 郝瑞杰, 杜方, 等. 丰花玫瑰在不同开花阶段的挥发成分研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(9): 204-208.
- [22] 王肫斐, 杨姝婷, 宋宇琴, 等. ‘丰花’玫瑰不同部位芳香特征研究[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(5): 213-218.
- WANG F F, YANG S T, SONG Y Q, *et al.* Aromatic characteristics of ‘Feng Hua’ rose flower in different parts[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(5): 213-218. (in Chinese)
- [23] 郭永来, 刘泗明, 张海云, 等. 玫瑰花细胞液中挥发油成分的分析[J]. 香料香精化妆品, 2008(1): 4-6.
- GUO Y L, LIU S M, ZHANG H Y, *et al.* Study on volatile composition of the rose cell liquid[J]. Flavour Fragrance Cosmetics, 2008(1): 4-6. (in Chinese)
- [24] WANG J, YUAN Z L, REN R C, *et al.* Comparison of volatiles of banana powder dehydrated by vacuum belt drying, freeze-drying and air-drying[J]. Food Chemistry, 2007, 104(4): 1516-1521.
- [25] 闫忠心, 鲁周民, 刘坤, 等. 干制条件对红枣香气品质的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 389-392.
- YAN Z X, LU Z M, LIU K, *et al.* Effects of drying conditions on Chinese jujube aroma components[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011, 27(1): 389-392. (in Chinese)
- [26] 闫新焕, 谭梦男, 孟晓萌, 等. 基于多元统计分析的干制方式对红枣片香气成分的影响[J]. 中国果菜, 2020, 40(7): 51-57.
- YAN X H, TAN M N, MENG X M, *et al.* Effects of dryings treatment methods on aroma compounds of jujube slices based on multivariate statistical analysis[J]. China Fruit & Vegetable, 2020, 40(7): 51-57. (in Chinese)
- [27] 李佳, 王瑾, 玛尔哈巴·帕尔哈提, 等. 不同干制温度对哈密瓜片香气成分的影响[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(2): 208-215.
- LI J, WANG J, Maerhaba · Paerhati, *et al.* Effect of different drying temperature on aroma compositions of cantaloupe slice[J]. Storage and Process, 2020, 20(2): 200-207. (in Chinese)