



姜丽,龙跃红,杨豪祥,胡涛,陈邦炼,贾扬超,马男,张常青,赵梁军,孙小明,唐丽霞,江云鹤,高俊平. 八街食用玫瑰‘滇红’的优势生物活性成分分析[J]. 中国农业大学学报,2025,30(08):1-11.

JIANG Li, LONG Yuehong, YANG Haoxiang, HU Tao, CHEN Banglian, JIA Yangchao, MA Nan, ZHANG Changqing, ZHAO Liangjun, SUN Xiaoming, TANG Lixia, JIANG Yunhe, GAO Junping. Analysis on the superior bioactive components of Bajie edible rose ‘Dianhong’ [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(08): 1-11.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2025.08.01

八街食用玫瑰‘滇红’的优势生物活性成分分析

姜丽^{1,2} 龙跃红³ 杨豪祥¹ 胡涛⁴ 陈邦炼⁴ 贾扬超^{1,2} 马男¹ 张常青¹
赵梁军¹ 孙小明¹ 唐丽霞⁵ 江云鹤¹ 高俊平^{1*}

(1. 中国农业大学 园艺学院, 北京 100193;

2. 中国农业大学 安宁市乡村振兴博士后工作站, 昆明 650300;

3. 安宁八街高桥食用玫瑰专业合作社, 昆明 650305;

4. 云南省安宁市农业农村局, 昆明 650300;

5. 中国农业大学 国际发展与全球农业学院/国家乡村振兴研究院, 北京 100083)

摘 要 为探究八街食用玫瑰的主栽品种‘滇红’的优势生物活性成分,选取‘滇红’以及山东平阴引种的‘丰花’和‘紫枝’为试验材料,测定干燥后的‘滇红’干花朵(DH)、“滇红”干花瓣(DHBB)、“丰花”干花朵(FH)及“紫枝”干花朵(ZZ)的总多酚、总黄酮及花青素含量,并利用植物广泛靶向代谢组(UPLC/MS)技术分析了各干燥样品的生物活性成分组成、含量及差异。结果表明:1)DH与DHBB中总黄酮及花青素含量均显著高于FH和ZZ。2)DH与DHBB中的主要代谢物类别有类黄酮、氨基酸及其代谢物、有机酸及其衍生物,而FH中主要为氨基酸及其代谢物、有机酸及其衍生物、碳水化合物和醇类,ZZ中则为氨基酸及其代谢物、类黄酮、有机酸及其衍生物。其中,DH与DHBB中的类黄酮含量均显著高于FH和ZZ。3)DH与DHBB中第I类类黄酮成分(表儿茶素、矢车菊素-3-芸香糖苷、紫云英苷、异槲皮苷、阿福豆苷等30种成分)的含量均显著高于FH和ZZ。4)DH与DHBB中主要类黄酮成分包括异槲皮苷、紫云英苷、阿福豆苷、槲皮苷、表儿茶素、刺槐亭以及矢车菊素-3-芸香糖苷,这些成分约占类黄酮总含量的95%。综上,‘滇红’玫瑰的优势生物活性成分为类黄酮,包括异槲皮苷、紫云英苷和阿福豆苷等关键化合物,且含量均显著高于‘丰花’和‘紫枝’。

关键词 八街食用玫瑰; ‘滇红’; ‘丰花’; ‘紫枝’; 代谢组; 类黄酮

中图分类号 S685.12

文章编号 1007-4333(2025)08-0001-11

文献标志码 A

Analysis on the superior bioactive components of Bajie edible rose ‘Dianhong’

JIANG Li^{1,2}, LONG Yuehong³, YANG Haoxiang¹, HU Tao⁴, CHEN Banglian⁴,
JIA Yangchao^{1,2}, MA Nan¹, ZHANG Changqing¹, ZHAO Liangjun¹,
SUN Xiaoming¹, TANG Lixia⁵, JIANG Yunhe¹, GAO Junping^{1*}

(1. College of Horticulture, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Anning Postdoctoral Workstation of Rural Revitalization, China Agricultural University, Kunming 650300, China;

3. Anning Bajie Gaoqiao Edible Rose Professional Cooperative, Kunming 650305, China;

4. Agricultural and Rural Bureau of Anning City, Yunnan Province, Kunming 650300, China;

收稿日期: 2025-01-11

基金项目: 国家重点研发计划(2024YFD1600904); 中国农业大学国家乡村振兴研究院乡村振兴校地合作博士后安宁专项; 国家自然科学基金(32230094)

第一作者: 姜丽(ORCID: 0009-0004-3617-5360), 助理研究员, 主要从事食用玫瑰种质资源收集与评价、食用玫瑰产业发展研究, E-mail: jilplant@cau.edu.cn

通讯作者: 高俊平(ORCID: 0000-0002-9285-2539), 教授, 主要从事观赏植物花朵发育生理与品质调控研究, E-mail: gaojp@cau.edu.cn

5. College of International Development and Global Agriculture/ Institute of National Rural Revitalization, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract To explore the superior bioactive components of the main cultivar of Bajie edible rose, *Rosa* ‘Dianhong’, as well as *R. rugosa* ‘Fenghua’ and *R. rugosa* ‘Zizhi’ introduced from Pingyin, Shandong, were selected as research materials. The total polyphenols, total flavonoids and anthocyanins contents of dried flowers of *R. ‘Dianhong’* (DH), dried petals of *R. ‘Dianhong’* (DHDB), dried flowers of *R. rugosa* ‘Fenghua’ (FH), and dried flowers of *R. rugosa* ‘Zizhi’ (ZZ) were determined. Furthermore, the bioactive components, their contents and differences in the three cultivars were analyzed using plant-wide targeted metabolome (UPLC/MS) technology. The results showed that: 1) The total flavonoids and anthocyanins in DH and DHDB were significantly higher than those in FH and ZZ. 2) The main metabolite categories in DH and DHDB were flavonoids, amino acids and its derivatives, organic acids and its derivatives. In contrast, the main metabolite categories in FH were amino acids and its derivatives, organic acids and its derivatives, carbohydrates and alcohols. While those in ZZ were amino acids and its derivatives, flavonoids, and organic acids and its derivatives. Among them, the flavonoids contained in DH and DHDB were significantly higher than those in FH and ZZ. 3) The contents of class I flavonoid components (There are 30 components including epicatechin, cyanidin 3-O-rutinoside, astragalín, isoquercitrín, afzelín, etc.) in DH and DHDB were significantly higher than those in FH and ZZ. 4) The main flavonoid components in DH and DHDB included isoquercitrín, astragalín, afzelín, quercetin, epicatechin, dihydrorobinetín, and cyanidin-3-O-rutinoside, which accounted for about 95% of the total flavonoid content. In conclusion, the superior bioactive components in *R. ‘Dianhong’* are flavonoids, including key compounds such as isoquercitrín, astragalín, and afzelín, and the contents of these compounds are significantly higher than those in ‘Fenghua’ and ‘Zizhi’.

Keywords Bajie edible rose; *Rosa* ‘Dianhong’; *Rosa rugosa* ‘Fenghua’; *Rosa rugosa* ‘Zizhi’; metabolome; flavonoids

食用玫瑰因其富含多酚、黄酮、氨基酸和脂肪酸等生物活性成分,兼具食用、药用与观赏等多重功能,是一类高附加值园艺作物^[1-2]。云南省安宁八街作为我国食用玫瑰的主要产区,目前主要加工产品为鲜花饼馅料。由于该产品属于初加工,工艺相对简单,导致产品同质化严重,附加值较低,亟待产业升级^[1]。在此背景下,深入挖掘八街食用玫瑰主栽品种‘滇红’(*Rosa* ‘Dianhong’)的品质特性,对于突出其品种优势,开拓‘滇红’高附加值特色产品,制定产品品质标准以及推动产业升级具有重要意义。

目前,我国食用玫瑰的主要产区为云南安宁、云南楚雄、山东平阴、北京妙峰山、甘肃永登、陕西渭南、四川阿坝等地^[1]。云南省的主要品种是‘滇红’、‘墨红’(*R. ‘Crimson Glory’*)和‘金边’(*R. ‘Jinbian’*),山东平阴为‘丰花’(*R. rugosa* ‘Fenghua’)和‘紫枝’(*R. rugosa* ‘Zizhi’),北京妙峰山为‘重瓣红’(*R. rugosa* ‘Plena’),甘肃永登为‘苦水’(*R. sertata* × *R. rugosa*),以及陕西和四川的‘大马士革’(*R. × damascena*)等^[1-2]。已有研究对部分玫瑰品种的生物活性成分特征进行了分析。Qin等^[3]研究发现,‘苦水’、平阴玫瑰(‘丰花’或‘紫

枝’)及‘金边’玫瑰花茶分别含有17、15和20种挥发性成分,其中平阴玫瑰的总酚、多糖含量及抗氧化能力均表现最优。Xu等^[4]对‘重瓣红’和‘金边’进行了代谢组 and 美白功效分析,共鉴定出2 030种代谢物,并发现‘金边’比‘重瓣红’具有更强的美白功效。Liu等^[5]对‘丰花’、‘重瓣红’、‘苦水’、‘大马士革’和‘千叶’玫瑰等进行了总黄酮、总花青素、挥发性香气成分及非挥发性代谢组分析,发现‘丰花’含有更多的挥发性香气成分,而‘苦水’具有更高的总黄酮含量,这几种玫瑰的主要香气成分均为苯乙醇和香茅醇。此外,Önder等^[6]对‘大马士革’从花蕾到完全开放共5个花朵发育时期进行了初生和次生代谢物分析,共鉴定出37种精油成分、16种脂肪酸和8种有机酸,其中儿茶素和表儿茶素是花瓣中含量最高的酚类物质,且总酚、总黄酮以及游离氨基酸的含量均随花朵发育时期推进而出现降低。岳华岭等^[7]对‘墨红’多酚提取物进行了成分分析,发现其含有矢车菊素-3,5-二葡萄糖苷、鞣花酸、儿茶素、槲皮素、杨梅素、山奈酚等成分,并具有一定的抗氧化能力。谢丽美^[8]研究发现,‘墨红’鲜花瓣中富含黄酮类与花青素类生物活性物质,其中含量最高

的是金丝桃苷与矢车菊素-3,5-二葡萄糖苷。此外,谢丽美等^[9]对‘滇红’、‘墨红’、‘千叶’及‘大马士革’进行了鲜花产量和营养成分对比分析,发现‘墨红’的产量可达 1.25 kg/m^2 ,其次是‘滇红’(1.12 kg/m^2),矿物质总量由高到低为‘大马士革’>‘千叶’>‘墨红’>‘滇红’,氨基酸总含量依次为‘千叶’>‘大马士革’>‘滇红’>‘墨红’。宁忻等^[10]对‘滇红’鲜花瓣的研究表明,其含有的脂肪、粗纤维、碳水化合物及微量元素等成分均优于常见的大白菜、圆白菜和油菜。陈真永等^[11]对八街食用玫瑰(‘滇红’)的干花蕾进行了研究,发现其抗氧化活性达 31.41 U/mg ,高于‘墨红’(21.83 U/mg)、‘金边’(15.75 U/mg)和‘大马士革’(10.47 U/mg)。

与‘丰花’、‘苦水’、‘大马士革’和‘墨红’等品种相比,‘滇红’目前的研究数据仅停留在基本营养元素,未能充分挖掘其特有的、且可用于保健和医药等领域的生物活性成分,关于其总酚、总黄酮、花青素和生物活性物质的代谢组分析也鲜见报道。本研究以八街食用玫瑰的主栽品种‘滇红’与山东

平阴引种的‘丰花’和‘紫枝’为材料,通过生理指标的测定及广泛靶向代谢组学(UPLC/MS)手段,系统分析了各品种干燥产品的总酚、总黄酮和花青素的含量,以及生物活性成分的组成、含量与差异,旨在通过探究‘滇红’的优势生物活性成分,以期为八街食用玫瑰‘滇红’的加工产品转型及产品品质标准制定提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

‘滇红’(*R. ‘Dianhong’*)、‘丰花’(*R. rugosa ‘Fenghua’*)及‘紫枝’(*R. rugosa ‘Zizhi’*)种植于云南省安宁市八街高桥食用玫瑰专业合作社食用玫瑰种质资源圃内(24.69°N , 102.36°E ,海拔 $1\,906\text{ m}$),年平均气温 15°C ,土壤为红壤土。2024年4—5月,选择晴天采收盛开花朵,采摘后花朵或花瓣使用电热鼓风干燥箱 65°C 热风干燥,样品干燥(图1)常温遮光密封保存备用。

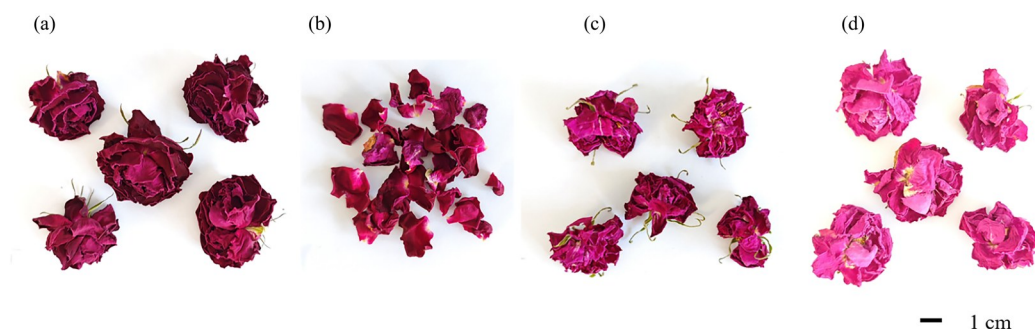


图1 食用玫瑰‘滇红’干花朵(a)和干花瓣(b)、“丰花”(c)和“紫枝”(d)干花朵样品

Fig. 1 Samples of *Rosa ‘Dianhong’* dried flowers (a) and dried petals (b), *R. rugosa ‘Fenghua’* (c) and *R. rugosa ‘Zizhi’* dried flowers (d)

1.2 生理指标测定

参照黄杰等^[12]的方法测定总多酚。超声提取后的样品,与福林酚试剂和碳酸钠溶液反应,测定OD,并根据没食子酸标准曲线计算样品中总多酚的浓度,总多酚浓度以没食子酸计, $\text{g}/100\text{ g}$ 。参照SN/T 4592—2016《出口食品中总黄酮的测定》^[13]的方法测定总黄酮。超声提取后的样品,与硝酸铝溶液和醋酸钾溶液反应,测定OD,并根据芦丁标准曲线计算样品中总黄酮含量,总黄酮浓度以芦丁计, $\text{g}/100\text{ g}$ 。花青素的测定参照孙美玲等^[14]的方法。盐酸乙醇溶液提取后的样品,测定 530 、 620 以及 650 nm 波长下的OD,并根据花青素在 530 nm 波长下的OD计算花青素含量, $\text{g}/100\text{ g}$ 。

1.3 广泛靶向(HPLC/MS)代谢组测定

代谢组测定采用Waters Acquity UPLC液相色谱,色谱柱型号为Acquity UPLC BEH C18 ($1.7\text{ }\mu\text{m}$, $2.1\text{ mm}\times 100\text{ mm}$),和AB SCIEX 5500 Qtrap-MS质谱,由青岛菲优特检测有限公司完成。色谱分离条件:柱温 45°C ,流速 0.30 mL/min 。流动相组成:A相为 ddH_2O ,B相为乙腈(含 0.1% 乙酸)。运行时间为 20 min ,进样量为 $4\text{ }\mu\text{L}$ 。样本梯度洗脱程序:0— 1 min 时, 10% B; 1 — 12 min 时 $10\%\sim 90\%$ B; 12 — 16 min 时, 90% B; 16 — 18 min 时, $90\%\sim 10\%$ B; 18 — 20 min 时, 10% B。质谱条件:ESI离子源;气帘气 35 arb ;碰撞气 7 arb ;离子喷雾电压

5 200 V;离子源温度 450 ℃;离子源气体I 55 arb;离子源气体II 55 arb。定量分析:使用槲皮素 d5 为内标标准品,并利用 MultiQuant 软件进行峰面积积分。根据测试样和内标的质量比、相应色谱峰面积比、相对校正因子来计算被测组分的含量。

1.4 数据统计

试验数据使用 Microsoft Office Excel 2021 进行统计整理,然后采用 R 4.4.1 进行聚类分析与差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同食用玫瑰样品的总多酚、总黄酮及花青素含量

由表1可知,‘滇红’干花朵(DH)和干花瓣(DHHB)的总多酚、总黄酮及花青素含量与‘丰花’(FH)、“紫枝”(ZZ)的干花朵均存在显著差异。其中,DH和DHHB中含有的总黄酮与花青素均显著高于FH和ZZ。DH中的总黄酮含量为 7.05 g/100 g,是FH的 2.7 倍,ZZ 的 2.3 倍。DH中的花青素含量达 0.5 g/100 g,是FH及ZZ的 3.0 倍左右。可见,DH和DHHB比FH和ZZ含有更丰富的总黄酮与花青素。

2.2 不同食用玫瑰样品的代谢组成成分组成及含量

由表2可知,4种食用玫瑰样品共检测到344种代谢物,其中DH代谢物总含量最高,达6 118.29 μg/g,其次是DHHB、FH与ZZ,代谢物总含量分别为5 162.23、4 411.49和4 137.05 μg/g。4种食用玫瑰样

品的19种类型成分含量百分比显示,在DH和DHHB中,3种主要代谢物类别含量由高到低为类黄酮、氨基酸及其代谢物、有机酸及其衍生物。其中,类黄酮的占比分别为51.94%(DH)和51.37%(DHHB),氨基酸及其代谢物的占比分别为16.25%(DH)和17.92%(DHHB),有机酸及其衍生物的占比分别为8.08%(DH)和10.23%(DHHB)。而FH中主要代谢物类别为氨基酸及其代谢物、有机酸及其衍生物、碳水化合物及醇类,占比分别为33.94%、16.49%、11.24%;ZZ中则为氨基酸及其代谢物、类黄酮、有机酸及其衍生物,占比分别为30.42%、17.75%、16.92%。综上,3种食用玫瑰含有的生物活性成分在品种间的差异均达显著水平。

DH和DHHB中类黄酮的占比均>50%。其中,DH的类黄酮含量为3 146.73 μg/g,DHHB的类黄酮含量为2 637.96 μg/g,二者含量均显著高于FH(448.92 μg/g)与ZZ(733.35 μg/g)的类黄酮含量。此外,DH中核苷酸及其衍生物(319.78 μg/g)、蒽酮(23.7 μg/g)、香豆素(18.32 μg/g)的含量均高于FH,分别为2.09、1.63和1.68倍。与此同时,FH中存在碳水化合物及醇类(492.59 μg/g)、生物碱(221.36 μg/g)、酚类(139.95 μg/g)、苯及其取代衍生物(190.41 μg/g)的含量均高于DH,分别为1.75、1.99、1.46和5.68倍。综上,与FH和ZZ相比,DH和DHHB的优势生物活性成分为类黄酮(表2)。

表1 不同食用玫瑰干燥样品的总多酚、总黄酮及花青素含量

Table 1 Total polyphenols, total flavonoids and anthocyanins in dried edible rose samples g/100 g

项目 Item	样品 Sample			
	DH	DHHB	FH	ZZ
总多酚(没食子酸计) Total polyphenols	8.36±0.28 ^a	8.58±0.28 ^a	10.19±0.64 ^b	8.03±0.20 ^a
总黄酮(芦丁计) Total flavonoids	7.05±0.78 ^a	7.00±0.76 ^a	2.60±0.29 ^b	3.09±0.33 ^b
花青素 Anthocyanins	0.50±0.10 ^a	0.63±0.06 ^a	0.15±0.01 ^b	0.13±0.01 ^b

注:DH,‘滇红’干花朵;DHHB,‘滇红’干花瓣;FH,‘丰花’干花朵;ZZ,‘紫枝’干花朵。同行数据不同字母表示差异显著(P<0.05),相同字母表示差异不显著(P>0.05)。下同。

Note: DH,dried flowers of R. ‘Dianhong’;DHHB,dried petals of R. ‘Dianhong’;FH,dried flowers of R. rugosa ‘Fenghua’;ZZ,dried flowers of R. rugosa ‘Zizhi’. Within the same row, different letters represent significant differences (P<0.05), while the same letters represent no significant differences (P>0.05). The same below.

表 2 不同食用玫瑰干燥样品的代谢组分分类及含量
Table 2 Metabolic composition classification and content of different edible rose dried samples

类别 Group	种类 Variety	DH			DHHB			FH			ZZ		
		含量/ ($\mu\text{g/g}$) Content	占比/% Ratio	占比/% Ratio	含量/ ($\mu\text{g/g}$) Content	占比/% Ratio	占比/% Ratio	含量/ ($\mu\text{g/g}$) Content	占比/% Ratio	占比/% Ratio	含量/ ($\mu\text{g/g}$) Content	占比/% Ratio	占比/% Ratio
类黄酮 Flavonoids	53	3 146.73 $\pm$ 268.12 ^a	51.94	2 637.96 $\pm$ 312.03 ^a	51.37	448.92 $\pm$ 165.64 ^b	9.97	733.35 $\pm$ 63.49 ^b	17.75				
氨基酸及其代谢物 Amino acid and its derivatives	43	1 014.87 $\pm$ 335.04 ^a	16.25	936.30.26 $\pm$ 316.61 ^a	17.92	1 496.13 $\pm$ 193.36 ^a	33.94	1 258.30 $\pm$ 36.74 ^a	30.42				
有机酸及其衍生物 Organic acids and its derivatives	26	508.18 $\pm$ 193.62 ^a	8.08	536.33 $\pm$ 172.24 ^a	10.23	727.67 $\pm$ 104.73 ^a	16.49	700.52 $\pm$ 40.38 ^a	16.92				
核苷酸及其衍生物 Nucleotide and its derivatives	24	319.78 $\pm$ 68.16 ^a	5.20	168.77 $\pm$ 66.83 ^b	3.34	153.30 $\pm$ 25.31 ^b	3.47	258.02 $\pm$ 33.97 ^{ab}	6.23				
碳水化合物及醇类 Carbohydrates and Alcohols	13	281.19 $\pm$ 56.20 ^{ab}	4.71	218.03 $\pm$ 48.87 ^a	4.20	492.59 $\pm$ 58.91 ^c	11.24	371.58 $\pm$ 57.66 ^{bc}	8.97				
脂质 Lipids	19	267.52 $\pm$ 50.85 ^a	4.36	204.21 $\pm$ 10.79 ^a	3.99	280.03 $\pm$ 37.67 ^a	6.35	250.85 $\pm$ 24.99 ^a	6.06				
生物碱 Alkaloids	40	111.48 $\pm$ 13.12 ^a	1.84	81.77 $\pm$ 5.42 ^a	1.60	221.36 $\pm$ 23.12 ^b	5.06	115.31 $\pm$ 7.91 ^a	2.79				
酚类 Phenols	18	95.84 $\pm$ 16.28 ^a	1.57	70.23 $\pm$ 6.08 ^a	1.38	139.95 $\pm$ 17.80 ^b	3.17	65.25 $\pm$ 6.37 ^a	1.58				
萜类 Terpene	26	62.49 $\pm$ 14.17 ^a	1.02	44.55 $\pm$ 5.88 ^a	0.87	54.06 $\pm$ 5.19 ^a	1.23	55.58 $\pm$ 2.63 ^a	1.34				
类固醇及其衍生物 Steroids and its derivatives	14	39.20 $\pm$ 11.84 ^a	0.63	25.09 $\pm$ 2.45 ^a	0.49	25.14 $\pm$ 1.97 ^a	0.57	34.60 $\pm$ 3.00 ^a	0.84				
苯及其取代衍生物 Benzene and substituted its derivatives	6	33.54 $\pm$ 16.07 ^a	0.53	85.90 $\pm$ 86.92 ^{ab}	1.64	190.41 $\pm$ 32.56 ^b	4.38	104.30 $\pm$ 37.39 ^{ab}	2.54				
植物激素 Phytohormone	6	25.51 $\pm$ 4.94 ^{ab}	0.42	15.45 $\pm$ 1.36 ^c	0.30	32.82 $\pm$ 5.09 ^b	0.74	28.73 $\pm$ 3.11 ^b	0.69				
蒽酮 Xanthonenes	6	23.70 $\pm$ 5.33 ^a	0.38	13.23 $\pm$ 0.39 ^b	0.26	14.54 $\pm$ 1.32 ^b	0.33	18.83 $\pm$ 1.16 ^{ab}	0.45				
香豆素 Coumarins	11	18.32 $\pm$ 4.93 ^a	0.30	9.02 $\pm$ 0.97 ^b	0.18	10.92 $\pm$ 1.77 ^b	0.25	11.99 $\pm$ 1.47 ^{ab}	0.29				
苯丙烷类化合物 Phenylpropanoids	16	16.58 $\pm$ 1.99 ^a	0.27	13.90 $\pm$ 0.26 ^a	0.27	16.25 $\pm$ 0.92 ^a	0.37	14.04 $\pm$ 0.96 ^a	0.34				
醌类 Quinones	4	9.71 $\pm$ 1.24 ^a	0.16	6.49 $\pm$ 1.19 ^b	0.13	7.72 $\pm$ 0.59 ^{ab}	0.18	7.08 $\pm$ 0.38 ^b	0.17				
木脂素 Lignans	4	6.72 $\pm$ 2.21 ^a	0.11	3.59 $\pm$ 1.15 ^a	0.07	6.11 $\pm$ 1.18 ^a	0.14	6.27 $\pm$ 0.97 ^a	0.15				
维生素及其衍生物 Vitamins and its derivatives	5	2.94 $\pm$ 1.15 ^a	0.05	2.36 $\pm$ 0.87 ^a	0.04	3.27 $\pm$ 0.57 ^a	0.07	3.24 $\pm$ 0.15 ^a	0.08				
其他 Others	10	133.98 $\pm$ 30.42 ^a	2.18	89.04 $\pm$ 31.93 ^a	1.73	90.29 $\pm$ 20.58 ^a	2.03	99.22 $\pm$ 29.71 ^a	2.39				
合计 Total	344	6 118.29 $\pm$ 999.48 ^a		5 162.23 $\pm$ 606.86 ^{ab}		4 411.49 $\pm$ 599.51 ^{ab}		4 137.05 $\pm$ 125.52 ^b					

括 2', 6'-二羟基 4'-甲氧基二氢查耳酮、根皮素等 6 种成分;此外,第Ⅴ类成分在 ZZ 中含量最高,包括柚皮素查尔酮、白麻苷等成分;第Ⅱ、Ⅲ类黄酮成分在 DH、DHBB、ZZ 及 FH 之间的含量相当。综上, DH 和 DHBB 的类黄酮总含量较高的原因主要在于第Ⅰ类成分有更高的积累。

由图2可知,53种类黄酮可以根据含量特征聚类为5类,第I类成分在DH和DHBB中的含量高于FH和ZZ,包括表儿茶素、矢车菊素-3-芸香糖苷、紫云英苷、异槲皮苷、阿福豆苷等30种成分;而第IV类成分在ZZ与FH中的含量高于DH和DHBB,包

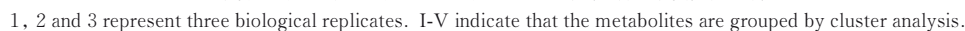


Fig. 2 Heatmap and clustering of flavonoids composition content in dried edible rose samples

苷、表儿茶素、刺槐亭以及矢车菊素-3-芸香糖苷,这些成分的总含量约占类黄酮总含量的95%。其中,异槲皮苷是DH和DHHB中含量最高的成分,其在

由表3可知,DH和DHBB中含量较高的类黄酮成分主要为异槲皮苷、紫云英苷、阿福豆苷、槲皮

DH中的含量达 906.6 μg/g,分别是FH和ZZ的 4.8 和 4.2 倍。此外,紫云英苷、阿福豆苷和槲皮苷等成分在DH中的含量均超FH的 10 倍以上。尤为突出的是,阿福豆苷在DH和DHHB中的含量分别高达 545.08 和 441.25 μg/g,而FH中该成分的含量为 4.20 μg/g,ZZ 中为 3.25 μg/g。此外还包括矢车菊素-3-芸香糖苷,其在DH和DHHB中的含量分别为 71.38 和 56.63 μg/g,是FH和ZZ干花朵的 50 倍以上。相比之下,FH和ZZ中则含有较高含量的异牡荆素、牡荆素、白麻苷与根皮素等成分。ZZ 中白麻苷含量高达 103.19 μg/g,FH 含量为 28.34 μg/g,而DH和DHHB中仅 0.25 与 0.35 μg/g。综上,DH和DHHB含有的类黄酮成分主要包括异槲皮苷、紫云英苷和阿福豆苷等关键化合物。这些化合物不仅在DH和DHHB的类黄酮总含量中占据较高比例,且含量均显著高于FH和ZZ。

表 3 不同食用玫瑰干燥样品中的类黄酮主要成分及其含量

Table 3 Main components and contents of flavonoids in different edible rose dried samples					μg/g
成分 Component	CAS 号 CAS No.	DH	DHHB	FH	ZZ
异槲皮苷 Isoquercitrin	482-35-9	906.60±93.25 ^a	772.85±141.83 ^a	187.93±124.94 ^b	216.36±30.54 ^b
紫云英苷/木犀草苷 Astragalin/Cynaroside	480-10-4/ 5373-11-5	770.04±58.67 ^a	684.97±50.12 ^a	53.84±11.88 ^b	261.87±23.89 ^c
阿福豆苷 Afzelin	482-39-3	545.08±47.41 ^a	441.25±63.77 ^a	4.20±2.58 ^b	3.25±0.77 ^b
槲皮苷 Quercitrin	522-12-3	500.31±52.10 ^a	414.29±27.89 ^b	29.29±7.24 ^c	3.33±0.34 ^c
(+)-表儿茶素 (+)-Epicatechin	35323-91-2	109.14±17.85 ^a	121.44±29.48 ^a	17.83±9.09 ^b	5.88±4.85 ^b
刺槐亭 Dihydrorobinetin	4382-33-6	86.00±16.99 ^a	44.25±8.05 ^b	8.75±0.93 ^c	7.02±1.76 ^c
矢车菊素-3-芸香糖苷 Cyanidin 3-O-rutinoside	28338-59-2	71.38±25.50 ^a	56.63±14.53 ^a	1.09±0.71 ^b	0.83±0.11 ^b
7,2',4'-三羟基异黄酮/ 硫黄菊素 2'-hydroxydaidzein/Sulfuretin	7678-85-5/ 120-05-8	50.04±7.32 ^a	29.25±1.37 ^b	26.49±7.32 ^b	35.64±7.81 ^{ab}
3',4',7-三羟基异黄酮 3',4',7-trihydroxyisoflavone	485-63-2	29.21±4.42 ^a	15.95±3.51 ^b	11.62±6.71 ^b	19.86±2.29 ^{ab}
2'-羟基金雀异黄素 2'-hydroxygenistein	1156-78-1	26.72±5.52 ^a	13.69±1.58 ^b	3.88±0.11 ^c	3.28±0.33 ^c
茛菲醇-3-O-芸香糖苷 Kaempferol- 3-O-rutinoside	17650-84-9	11.72±1.35 ^a	11.46±3.99 ^a	0.26±0.15 ^b	0.21±0.10 ^b
芹菜素 Apigenin	520-36-5	8.10±1.85 ^a	5.02±0.78 ^b	5.25±0.64 ^{ab}	5.77±1.00 ^{ab}
芦丁 Rutin	153-18-4	6.32±2.12 ^a	6.94±2.57 ^a	0.17±0.13 ^b	0.01±0.01 ^b
漆黄素 Butin	492-14-8	3.21±0.99 ^a	1.61±0.50 ^b	0.36±0.09 ^b	0.66±0.31 ^b
天竺葵素-3-氯化葡萄糖苷 Pelargonidin-3-O-glucoside	18466-51-8	3.21±0.51 ^a	2.37±1.04 ^{ab}	1.33±0.26 ^b	0.96±0.16 ^b
车前子苷 Plantagoside	78708-33-5	3.08±0.53 ^a	1.75±0.19 ^b	0.26±0.16 ^c	0.33±0.06 ^c
2',6'-二羟基 4'-甲氧基二氢查耳酮 2',6'-dihydroxy 4'- methoxydihydrochalcone	35241-55-5	1.86±0.51 ^a	1.61±0.38 ^a	50.89±28.55 ^a	47.84±34.95 ^a
儿茶素没食子酸酯 (-)-Catechin gallate	130405-40-2	1.45±0.15 ^a	0.86±0.23 ^b	0.27±0.03 ^c	0.13±0.03 ^c

表3(续)

成分 Component	CAS号 CAS No.	DH	DHHB	FH	ZZ
异牡荆素 Isovitexin	38953-85-4	1.37±0.55 ^a	1.78±0.53 ^a	4.39±0.45 ^b	4.31±0.55 ^b
日本扁柏黄酮 Hinokiflavone	19202-36-9	0.87±1.04 ^{ab}	0.33±0.09 ^a	2.47±1.19 ^b	0.84±0.27 ^{ab}
牡荆素 Vitexin	3681-93-4	0.84±0.23 ^a	1.17±0.45 ^a	2.68±0.32 ^b	2.71±0.60 ^b
白麻苷 Quercetin-3-O-sophoroside	18609-17-1	0.25±0.15 ^a	0.35±0.16 ^a	28.34±6.16 ^b	103.19±6.25 ^c
根皮素 Phloretin	60-82-2	0.22±0.06 ^a	0.22±0.06 ^a	1.65±0.43 ^b	1.81±0.54 ^b

注:仅显示样品中出现含量>1 μg/g的成分。紫云英苷与木犀草苷,7',2',4'-三羟基异黄酮与硫黄菊素,因具有相同分子式在本次研究技术中未能准确分离。
Note: Only components greater than 1 μg/g are shown in the table. Due to the same molecular formula, astragalin/cynaroside and 7',2',4'-hydroxydaidzein/sulfuretin are not accurately separated in this study.

3 讨论

食用玫瑰兼具食用、观赏与药用等功能,可以被广泛应用于食品、化妆品、制药、园林绿化,以及工业等领域^[15]。本研究通过测定生理指标和代谢组分析验证了3种食用玫瑰‘滇红’、‘丰花’和‘紫枝’的干燥样品含有丰富的生物活性成分,包括类黄酮、氨基酸、有机酸、生物碱、香豆素、维生素等类别(表1和表2)。DH和DHHB的总黄酮与花青素含量均显著高于FH和ZZ(表1)。代谢组分析首次系统揭示了‘滇红’的代谢组成分,及其与‘紫枝’和‘丰花’的差异(表2和图2)。其中,ZZ和FH含量最高的代谢组成分为氨基酸(表2)。而DH和DHHB含量最高的代谢组成分为类黄酮(表2),该结果与生理指标测定结果一致(表1),并首次发现‘滇红’富含的类黄酮主要包括异槲皮苷、紫云英苷、阿福豆苷、槲皮苷、表儿茶素、刺槐亭以及矢车菊素-3-芸香糖苷等特征成分(表3),表明‘滇红’具有巨大的开发应用潜力。此外,在八街食用玫瑰加工产业中,‘滇红’干燥产品目前以干花瓣形式加工利用。玫瑰花朵中花瓣占总重量的2/3,其余部分(如花托、花蕊等)则被视为废弃物,未得到有效利用。鉴于此,本研究分别对‘滇红’的整朵花和花瓣进行了系统性分析,结果表明干花朵与干花瓣在多酚和总黄酮含量方面相当(表1),且主要代谢物的种类和含量差异不显著(表2),可为充分利用整朵花开发新产品、减少废弃物提供参考。

类黄酮也称黄酮类化合物,根据其化学结构与特点被分为7个亚类,包括黄酮醇类、黄酮类、异黄酮类、花青素类、黄烷酮类、黄烷醇类以及查尔酮

类^[16]。其中,异槲皮苷是‘滇红’中含量最高的类黄酮(表3),属于黄酮醇类,具有多种生物活性和药理作用,包括抗氧化、免疫调节、抗菌、抗病毒、抗肿瘤、保护神经、保护心肌、治疗糖尿病与心血管疾病等^[17-18]。在抗病毒方面,Luo等^[19]发现异槲皮苷可降低甲型和乙型流感病毒感染导致的小鼠肺部病理损伤和死亡率;Gaudry等^[20]发现异槲皮苷可阻止寨卡病毒颗粒进入宿主细胞;Kim等^[21]发现异槲皮苷可抑制水痘-带状疱疹病毒和人巨细胞病毒的即刻早期基因表达。此外,异槲皮苷具有抗镰状细胞病的潜力,Syed等^[22]发现其可抑制镰状血红蛋白聚合,显著降低红细胞镰变率。

除异槲皮苷外,‘滇红’含有的紫云英苷^[23]、阿福豆苷^[24]、槲皮苷^[25]等成分也均具有广泛的药理特性。紫云英苷在调节人体代谢、治疗骨质疏松症和保护肝脏等方面表现出显著的潜力^[26-29]。Barge等^[26]与Swamy等^[27]发现紫云英苷可降低大鼠的体重增长,降低脂肪细胞和血液中的甘油三酯及脂肪积累。Suzuki等^[28]发现紫云英苷可促进成骨细胞、抑制破骨细胞分化。Hamza等^[29]发现紫云英苷对微塑料诱导的大鼠肝脏损伤和组织学异常具有显著的修复作用。此外,阿福豆苷的潜在治疗意义也受到广泛关注,Oh等^[30]发现阿福豆苷在治疗神经退行性疾病中的能力,其可以改善痴呆小鼠的认知和记忆功能。Akter等^[31]发现阿福豆苷具有自由基清除活性,可抑制DNA和红细胞氧化,以及抑制小鼠艾氏腹水癌细胞生长。Cechinel-Zanchett等^[32]则发现阿福豆苷具有利尿和保护肾脏的功能,可减少高血压大鼠肾脏中的活性氧和亚硝酸盐的生成,以及减少尿液中草酸钙晶体的形成。

‘滇红’中富含的类黄酮还包括花青素亚类,例如矢车菊素-3-芸香糖苷和天竺葵素-3-氯化葡萄糖苷。矢车菊素-3-芸香糖苷在DH和DHHB中的含量显著高于FH和ZZ,达到后者的50倍以上(表3)。DH和DHHB的花青素含量均显著高于ZZ和FH(表1),这可能与‘滇红’中矢车菊素-3-芸香糖苷和天竺葵素-3-氯化葡萄糖苷等花青素类成分的积累密切相关。花青素是一类具有多种生物活性的天然色素,其功能包括抗氧化、提高视力、改善睡眠等,此外可作为食品着色剂。赵东等^[33]以平阴玫瑰为材料研究了玫瑰花青素的提取与抗疲劳功效。尽管‘滇红’的花青素含量更高,但目前尚未有针对其花青素的充分利用研究。除了类黄酮,‘滇红’中检测出的氨基酸^[34]、有机酸^[35]、生物碱^[36]等其他成分也均具有生物活性与药理价值。这些成分在抗氧化、抗病毒、调节血脂、缓解慢性炎症、保护神经等多方面均具有应用潜力,为八街食用玫瑰产品的深度开发提供了依据。

根据呼溢允^[37]和何民友等^[38]研究,蔷薇属植物月季中富含异槲皮苷、紫云英苷、阿福豆苷等成分与本研究结果相一致,但未见木犀草苷相关报道,推测本研究中紫云英苷与木犀草苷混合成分中也应主要是紫云英苷,后续将进一步针对类黄酮进行成分验证。另外,‘滇红’含有的生物活性成分的提取工艺、功能验证与产品研发也值得深入探索。

4 结 论

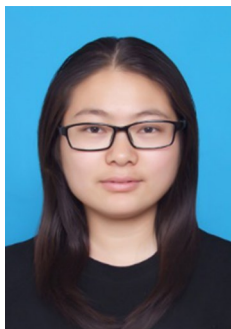
通过测定生理指标和广泛靶向代谢组(UPLC/MS),对‘滇红’、‘丰花’和‘紫枝’的干燥产品进行生物活性成分比较分析发现,‘滇红’干花朵和干花瓣中含有的总黄酮与花青素均显著高于‘丰花’与‘紫枝’。‘滇红’含有丰富的生物活性成分,其最显著的优势成分为类黄酮,且‘滇红’中类黄酮的高积累主要在于第I类成分(包括表儿茶素、矢车菊素-3-芸香糖苷、紫云英苷、异槲皮苷、阿福豆苷等30种成分)。“滇红”中主要类黄酮成分包括异槲皮苷、紫云英苷、阿福豆苷、槲皮苷、表儿茶素、刺槐亭以及矢车菊素-3-芸香糖苷,这些成分约占类黄酮总含量的95%。综上,‘滇红’的优势生物活性成分为类黄酮,包括异槲皮苷、紫云英苷和阿福豆苷等关键化合物,且含量均显著高于‘丰花’和‘紫枝’。

参考文献 References

- [1] 姜丽. 云南安宁食用玫瑰产业现状及可持续发展建议[J]. 中国农业大学学报, 2025, 30(1): 104-118
Jiang L. Current status of edible rose industry in Yunnan Anning and suggestions for its sustainable development[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2025, 30(1): 104-118 (in Chinese)
- [2] Jiang L. Advancements and prospects in China's edible rose industry: Breeding, cultivation, and processing[J/OL]. *Environment, Development and Sustainability*, (2024-12-05). DOI: 10. 1007/s10668-024-05765-1
- [3] Qin H, Deng X Q, Li B C, Dai W F, Jiao S Y, Qin Y, Zhang M. Volatiles, polysaccharides and total polyphenols in Chinese rose tea infusions and their antioxidant activities[J/OL]. *Journal of Food Processing and Preservation*, (2017-04-28). DOI:doi. org/10. 1111/jfpp. 13323
- [4] Xu J, Ye H, Zhang X, Lv Y, Tong S, Liu B, Ou Z, Chu C. Comparative study on metabolite variations of two rose teas by plant metabolomics and revealing their skin-whitening candidates by spectrum-effect relationship analysis[J]. *Phytochemical Analysis*, 2025, 36(1): 80 - 91
- [5] Liu Z, Ma C, Liu L X, Dong G Z, Wang B, Zhang J F, Lei S M, Liu Y G. Comprehensive investigation on non-volatile and volatile flavor compounds in different varieties of rose tea by UPLC-Q-TOF-MS/MS-based metabolomics and GC-IMS, GC-MS[J/OL]. *Journal of Food Composition and Analysis*, (2024-09-14). DOI:10. 1016/j. jfca. 2024. 106708
- [6] Sercan Ö, Tonguç M, Erbaş S, Damla Ö Mutlucan M. Investigation of phenological, primary and secondary metabolites changes during flower developmental of *Rosa damascena*[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2022, 192, 20 - 34
- [7] 岳华岭, 廖红梅. 食用玫瑰多酚提取物的稳定性及抗氧化能力评价[J]. 食品与发酵工业, 2024, 50(8): 130-137
Yue H L, Liao H M. Evaluation of stability and antioxidant activity of polyphenol extracts from edible rose [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2024, 50(8): 130-137 (in Chinese)
- [8] 谢丽美. 食用玫瑰‘墨红’的品质分析及低温胁迫对花香关键基因DNA甲基化分析[D]. 昆明: 云南大学, 2023
Xie L M. Quality analysis of edible rose ‘Mohong’ and analysis of DNA methylation analysis of key genes of floral fragrance under low temperature stress[D]. Kunming: Yunnan University, 2023 (in Chinese)
- [9] 谢丽美, 晏慧君, 唐开学, 张颢, 邱显钦, 蹇洪英, 李树发, 王其刚. 云南4个主栽食用玫瑰品种产量评价及营养成分分析[J]. 西南农业学报, 2022, 35(11): 2627-2632
Xie L M, Yan H J, Tang K X, Zhang H, Qiu X Q, Jian H Y, Li S F, Wang Q G. Evaluation of yield and analysis on nutrient compositions of four edible rose varieties in Yunnan province [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 35(11): 2627-2632 (in Chinese)
- [10] 宁忻, 董海燕, 胡文敏, 李瑛. 八街玫瑰营养成分分析评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(22): 7522-7525
Ning X, Dong H Y, Hu W M, Li Y. Analysis and evaluation of the nutritional components in Rosa Dianhong[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2019, 10(22): 7522-7525 (in Chinese)
- [11] 陈真永, 吴鹏, 高小秦, 徐海成. 不同产地不同品种食用玫瑰抗氧化研究[J]. 西南农业学报, 2020, 33(10): 2215-2219
Chen Z Y, Wu P, Gao X Q, Xu H C. Antioxidant of edible rose from different producing areas and varieties[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 33(10): 2215-2219 (in Chinese)
- [12] 黄杰, 刘国英, 李安军. 植物提取物中总多酚测定方法的优化研究[J]. 酿

- 酒, 2021, 48(2): 104-107
- Huang J, Liu G Y, Li A J. Optimization on determination method of total polyphenol in plant extracts[J]. *Liquor Making*, 2021, 48(2): 104-107 (in Chinese)
- [13] SN/T 4592—2016 出口食品中总黄酮的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017
- SN/T 4592—2016 Determination of total flavonoids in export food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017 (in Chinese)
- [14] 孙美玲, 梁月洋, 王红朵, 张仲鸣. 河南南阳地产绿米稻壳中花青素的提取工艺研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(18): 71-76
- Sun M L, Liang Y Y, Wang H D, Zhang Z M. Extraction process of anthocyanins from husk of local-grown rice *Oryza sativa* l nanyangensis in Nanyang, Henan[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34(18): 71-76 (in Chinese)
- [15] Salcã Roman G M, Lehel L, Somsai A P, Stoian-Dod R L, Dan C, Bunea C I, Sestras A F, Sestras R E. The use of genetic resources in rose breeding and creation of new rose cultivars through hybridization and selection [J/OL]. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, (2024-03-15). DOI: 10.15835/nbha52113585
- [16] Shen N, Wang T F, Gan Q, Liu S A, Wang L, Jin B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity[J/OL]. *Food Chemistry*, (2022-02-23). DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132531
- [17] 房仙颖, 章祎唯, 萧伟, 赵林果. 异槲皮素的制备及研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2020, 32(4): 708-717
- Fang X Y, Zhang Y W, Xiao W, Zhao L G. Advance in preparation and research progress of isoquercitrin [J]. *Natural Product Research and Development*, 2020, 32(4): 708-717 (in Chinese)
- [18] 刘晓庆, 高丹, 吴芊慧, 姜日, 胡爽. 异槲皮素的药理作用研究进展[J]. 中国兽药杂志, 2024, 58(10): 82-89
- Liu X Q, Gao D, Wu Q H, Jiang R, Hu S. Research progress on the pharmacological effects of isoquercitrin[J]. *Chinese Journal of Veterinary Drug*, 2024, 58(10): 82-89 (in Chinese)
- [19] Luo R B, Lv C X, Wang T C, Deng X W, Sima M W, Guo J, Qi J, Sun W Y, Shen B L, Li Y G, Yue D H, Gao Y W. A potential Chinese medicine monomer against influenza A virus and influenza B virus: Isoquercitrin[J/OL]. *Chinese Medicine*, (2023-11-02). DOI: 10.1186/s13020-023-00843-4
- [20] Gaudry A, Bos S, Viranackien W, Roche M, Krejbich-Trotot P, Gadea G, Desprès P, El-Kalamouni C. The flavonoid isoquercitrin precludes initiation of zika virus infection in human cells [J/OL]. *International Journal of Molecular Sciences*, (2018-04-05). DOI: 10.3390/ijms19041093
- [21] Kim C H, Kim J E, Song Y J. Antiviral activities of quercetin and isoquercitrin against human herpesviruses[J/OL]. *Molecules*, (2020-05-20). DOI: 10.3390/molecules25102379
- [22] Syed M M, Doshi P J, Dhavale D D, Doshi J B, Kate S L, Kulkarni G, Sharma N, Uppuladinne M, Sonavane U, Joshi R, Kulkarni M V. Potential of isoquercitrin as antisickling agent: A multi-spectroscopic, thermophoresis and molecular modeling approach[J]. *Journal of Biomolecular Structure & Dynamics*, 2020, 38(9): 2717-2736
- [23] 陈世春, 徐永祥, 韩伟超, 陈敏仪, 谢保城. 紫云英苷的药理特性及其作用机制研究进展[J]. 中华中医药学刊, 2022, 40(11): 118-123, 287
- Chen S C, Xu Y X, Han W C, Chen M Y, Xie B C. Research progress on pharmacological properties and mechanism of astragalin [J]. *Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine*, 2022, 40(11): 118-123, 287 (in Chinese)
- [24] 邢通潮, 祝普利, 尹超, 马师洋, 高鑫原. 阿福豆苷对结直肠癌小鼠肿瘤抑制作用及其抗血管生成的影响[J]. 山东医药, 2019, 59(23): 39-43
- Xing T C, Zhu P L, Yin C, Ma S Y, Gao X Y. Effects of afzelin in treatment of BALB/C mice with colorectal cancer and its influence on anti-angiogenesis [J]. *Shandong Medical Journal*, 2019, 59(23): 39-43 (in Chinese)
- [25] 祝文轩, 师全英, 王向红, 杨瑞利, 程鑫颖, 米思. 辣椒素与槲皮苷通过 EGFR/PI3K/Akt 信号通路调节 HepG2 细胞脂质代谢作用机制[J]. 食品科学, 2024, 45(10): 45-53
- Zhu W X, Shi Q Y, Wang X H, Yang R L, Cheng X Y, Mi S. Mechanism of action of capsaicin and quercitrin in regulating lipid metabolism in HepG2 cells through EGFR/PI3K/Akt signaling pathway[J]. *Food Science*, 2024, 45(10): 45-53 (in Chinese)
- [26] Barge S, Deka B, Kashyap B, Bharadwaj S, Kandimalla R, Ghosh A, Dutta P P, Samanta S K, Manna P, Borah J C, Talukdar N C. Astragalin mediates the pharmacological effects of *Lysimachia candida* Lindl on adipogenesis via downregulating PPAR γ and FKB β 51 signaling cascade[J]. *Phytotherapy Research*, 2021, 35(12): 6990-7003
- [27] Muni Swamy G, Ramesh G, Devi Prasad R, Meriga B. Astragalin, (3-O-glucoside of kaempferol), isolated from *Moringa oleifera* leaves modulates leptin, adiponectin secretion and inhibits adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes [J]. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 2022, 128(4): 938-944
- [28] Suzuki R, Shirataki Y, Tomomura A, Bandow K, Sakagami H, Tomomura M. Isolation of pro-osteogenic compounds from *Euptelea polyandra* that reciprocally regulate osteoblast and osteoclast differentiation [J/OL]. *International Journal of Molecular Sciences*, (2023-12-14). DOI: 10.3390/ijms242417479
- [29] Hamza A, Ijaz M U, Ehsan N, Khan H A, Alkahtani S, Atique U. Hepatoprotective effects of astragalin against polystyrene microplastics induced hepatic damage in male albino rats by modulating Nrf-2/ Keap-1 pathway [J/OL]. *Journal of Functional Foods*, (2023-09-01). DOI: 10.1016/j.jff.2023.105771
- [30] Oh S Y, Jang M J, Choi Y H, Hwang H, Rhim H, Lee B, Choi C W, Kim M S. Central administration of afzelin extracted from *Ribes fasciculatum* improves cognitive and memory function in a mouse model of dementia[J/OL]. *Scientific Reports*, (2021-04-28). DOI: 10.1038/s41598-021-88463-6
- [31] Akter M, Parvin M S, Hasan M M, Rahman M A A, Islam M E. Anti-tumor and antioxidant activity of kaempferol-3-O-alpha-L-rhamnoside (Afzelin) isolated from *Pithecellobium dulce* leaves [J/OL]. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, (2022-06-22). DOI: 10.1186/s12906-022-03633-x
- [32] Cechinel-Zanchett C C, Bolda Mariano L N, Boeing T, da Costa J C, Da Silva L M, Bastos J K, Cechinel-Filho V, de Souza P. Diuretic and renal protective effect of kaempferol 3-O-alpha-L-rhamnoside (afzelin) in normotensive and hypertensive rats[J]. *Journal of Natural Products*, 2020, 83(6): 1980-1989
- [33] 赵冬, 金仓. 玫瑰花青素提取工艺优化及其抗疲劳研究[J]. 中国调味品, 2024, 49(10): 205-209, 215
- Zhao D, Jin C. Optimization of extraction process of rose anthocyanins and their anti-fatigue study [J]. *China Condiment*, 2024, 49(10): 205-209, 215 (in Chinese)
- [34] Nagao K J. Cognition and nutrition: The role of dietary protein and amino acids in cognitive health[J]. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 2024, 27(1): 40-46
- [35] Shi Y G, Pu D D, Zhou X W, Zhang Y. Recent progress in the study of taste characteristics and the nutrition and health properties of organic acids in foods [J/OL]. *Foods*, (2022-10-28). DOI: 10.3390/foods11213408
- [36] Rizaldi G, Hafid A F, Wahyuni T S. Promising alkaloids and flavonoids

- compounds as anti-hepatitis c virus agents: A review[J/OL]. *Journal of Public Health in Africa*, (2023-01-20). DOI:10.4081/jphia.2023.2514
- [37] 呼谧允. 月季花化学成分及凝血作用研究[D]. 开封:河南大学,2020
- Hu M Y. Study on chemical constituents and coagulation activity of Chinese rose[D]. Kaifeng: Henan University,2020 (in Chinese)
- [38] 何民友,王利伟,周湘媛,刘晓霞,李振雨,陈向东,孙冬梅. 月季花标准汤剂 UPLC 指纹图谱及多指标成分定量研究[J]. *天然产物研究与开发*,2024, 36(3):423-432,443
- He M Y, Wang L W, Zhou X Y, Liu X X, Li Z Y, Chen X D, Sun D M. Fingerprint and multi-components content determination of standard decoction of *Rosae Chinensis Flos* [J]. *Natural Product Research and Development*,2024,36(3):423-432,443 (in Chinese)
- 责任编辑:吕晓梅



第一作者简介:姜丽,中国农业大学园艺学院博士后,助理研究员,中国农业大学-安宁市乡村振兴博士后工作站博士后。主要从事食用玫瑰种质资源收集与评价、食用玫瑰产业发展等研究。曾参与欧盟研究基金、德国研究基金与国家自然科学基金等多个项目,累计发表中英文学术论文10余篇。曾获德国SFB973项目奖学金,中国农业大学硕士一等奖学金。



通讯作者简介:高俊平,中国农业大学园艺学院教授,博士生导师。专注花卉发育与品质调控的理论和科技创新,创建的抗衰老新品种培育、高产优质栽培以及高效降损保鲜等一系列关键技术,为我国月季产业链技术升级和产业发展做出了突出贡献。主持国家自然科学基金重点项目、科技部重点研发专项等国家级项目20余项,以第一完成人获国家科技进步奖二等奖1项、教育部自然科学一等奖1项、教育部科技进步一等奖2项、北京市科学技术二等奖1项。带领团队获得神农中华农业科技奖优秀创新团队奖和中国园艺学会华耐园艺科技奖团队奖。在*Nature Plants*、*Plant Cell*等学术刊物上发表论文156篇;主编《中国农业百科全书-观赏园艺卷》等著作6部;参与制定国家、行业及地方标准21项;授权国家发明专利27件,授权国家新品种32个。