

四种食用菊花主要成分分析

潘芸芸,冉聪,刘琼,王庆,肖人峰,吴卫*

(四川农业大学农学院,四川成都 611130)

摘要:采用滴定法、紫外分光光度法、高效液相色谱法对4种食用菊花SYJ1、SYJ2、SYJ3和SYJ4主要化学成分(氨基酸、可溶性糖、可溶性蛋白、总黄酮、抗坏血酸、绿原酸、槲皮素和黄芩苷)进行含量测定。采用水蒸气蒸馏法提取食用菊花中的挥发油,用气相色谱-质谱法对其挥发油化学成分进行鉴定,并用峰面积归一化法测其相对含量。结果表明:食用菊SYJ3中主要化学成分含量较高,其氨基酸、可溶性糖、可溶性蛋白、总黄酮、抗坏血酸、绿原酸、槲皮素和黄芩苷含量分别为15.69、65.03、39.72、156.97、69.95、1.96、3.13和17.62 mg·g⁻¹。4种食用菊花挥发油成分数量分别为37个、33个、25个和38个,最主要成分为 α -蒎烯、1,8-桉叶油素、双环(2.2.2)癸烷-2-烯-5-酮、2,6,6-三甲基-双环(3.1.1)-庚-2-烯-4-醇-乙酯、 β -榄香烯、(-)- β -石竹烯和 α -萜荜茄烯。不同品种食用菊花主要化学成分含量及挥发油种类和含量差异显著($p < 0.05$)。

关键词:食用菊花,主要化学成分,挥发油

Analysis of the Main Components of Four Cultivars Edible Chrysanthemum Flowers

PAN Yun-yun, RAN Cong, LIU Qiong, WANG Qing, XIAO Ren-feng, WU Wei*

(Agronomy College, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract: The main components (amino acid, soluble sugar, soluble protein, total flavonoids, ascorbic acid, chlorogenic acid, quercetin and baicalin) of four cultivars of edible chrysanthemum flowers (SYJ1, SYJ2, SYJ3 and SYJ4) were determined by titrimetry, ultraviolet spectrophotometry and HPLC methods. The chemical compositions of volatile oil from edible chrysanthemum flowers were identified by GC-MS with steam distillation. Quantitative analyses carried out by peak area normalization method. The results showed that the main components of edible chrysanthemum flower SYJ3 were higher. The contents of amino acid, soluble sugar, soluble protein, total flavone, ascorbic acid, chlorogenic acid, quercetin and baicalin were 15.69, 65.03, 39.72, 156.97, 69.95, 1.96, 3.13 and 17.62 mg·g⁻¹, respectively. And 37, 33, 25, 38 compounds of essential oils were respectively identified from four cultivars of edible chrysanthemum flowers. It was found that the main volatile components were α -pinene, 1,8-cineole, bicyclo(2.2.2)oct-2-en-5-one, bicyclo(3,1,1)hept-2-en-4-ol, 2,6,6-trimethyl-, acetate, β -elemene, (-)- β -caryophyllene and α -cubebene. The contents of main chemical components and volatile oils of different cultivars of edible chrysanthemum flowers were significantly different ($p < 0.05$).

Key words: edible chrysanthemum flowers; main components; volatile oils

中图分类号: TS207.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2019)12-0248-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2019.12.040

引文格式: 潘芸芸,冉聪,刘琼,等.四种食用菊花主要成分分析[J].食品工业科技,2019,40(12):248-253.

菊花是菊科植物菊 [*Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvel.] 的干燥头状花序,为我国常用中药,具有散风清热、清肝明目的功效,用于风热感冒、目赤肿痛、头痛眩晕^[1-2]。现代医理表明,菊花含有多种黄酮类化合物、常量元素与微量元素、氨基酸、多酚类^[3]、鞣花酸、菊苷、胆碱和腺嘌呤等成分^[4-5],具有抗炎^[6]、抗菌、抗病毒、抗寄生虫、抗氧化^[7]、抗肿瘤^[8]和抗诱变的生物学功能^[8],同时能扩张冠状动脉、降血压、加快胆固醇代谢和增强免疫调节活性^[10]。同

时,菊花为药食同源植物,含有丰富的营养成分,可制成营养保健茶,加工成各类食品与饮料,具有极大的市场开发利用前景^[11]。

目前国内有关药用菊花及观赏菊花的研究较多,而对食用菊花报道较少,且主要集中在营养繁殖和栽培技术等方面。唐焕伟等^[12]初步确立了4个品种日本食用菊花在黑龙江的生产模式,陈军等^[13]总结出了食用菊花的盆栽技术,李建国^[14]以食用菊花为试验材料,以花瓣作为外植体,愈伤组织诱导率和

收稿日期:2018-09-04

作者简介:潘芸芸(1994-),女,硕士研究生,研究方向:药用植物学,E-mail:651264107@qq.com。

*通讯作者:吴卫(1970-),女,博士,教授,研究方向:药用植物资源,E-mail:ewuwei@sicau.edu.cn。

基金项目:四川农业大学“双支计划”(03571121)。

不定芽分化率都比较高;王桂珍^[15]的研究发现单施硒0.06 g/L可以显著提高食用菊花有效成分含量。食用菊花作为鲜食品种,具有清香甜爽的口感,少有一般菊花的苦涩味道,目前各地栽培的食用菊品种良莠不齐^[16],好的品种主要集中在河南、江浙一带,适宜各地栽培的优良品种十分缺乏。因此,本研究以从河南引种至四川的4个品种食用菊花为试验材料,测定其主要营养成分及功能性保健成分,并对其挥发油成分进行比较分析,旨在为四川食用菊花资源开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

食用菊花 从河南引种至四川的4个食用菊品种,编号为SYJ1、SYJ2、SYJ3、SYJ4,于10月中旬选取健壮无病、颜色鲜艳、开放程度一致的新鲜食用菊花为试验材料;水合茛三酮、氢氧化钠、冰醋酸、抗坏血酸、牛血清白蛋白、乙酸、浓硫酸、考马斯亮蓝G-250、磷酸、蔗糖、葱酮、草酸、2,6-二氯酚靛酚、芦丁、乙醇、亮氨酸、亚硝酸钠、硝酸铝、乙酸钠、正己烷等分析纯,国药集团化学试剂有限公司;甲醇、乙酸、绿原酸、黄芩苷、槲皮素 色谱纯,成都普思生物科技股份有限公司。

HH-4型恒温水浴锅 国华电器有限公司;7200型分光光度计 尤尼科食品有限公司;AP1301火焰光度计 上海精密仪器仪表有限公司;DHG-9245A型电热恒温鼓风干燥箱 上海右一仪器有限公司;AW220型分析天平 日本 Shimadzu 公司;1100series高效液相色谱仪、Agilent6890GC/5973NMS 气质联用仪 美国 Agilent 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 水分含量测定 直接干燥法,参照 GB/T 5009.3-2016《食品中水分的测定》^[17]进行。

1.2.2 可溶性蛋白含量测定 采用考马斯亮蓝G-250染色法^[18]:称取食用菊鲜样0.3 g,用5 mL蒸馏水研磨成匀浆后,3000 r/min离心10 min后,上清液定容至20 mL;取上清液0.5 mL于试管中,加入5 mL考马斯亮蓝G-250溶液,充分混合,放置2 min后在595 nm下比色,测定吸光度,通过标准曲线查得蛋白质含量。利用牛血清蛋白测得的标准曲线为 $A = 0.0035X - 0.0082$, $r = 0.9979$,在0~100 μg范围内线性关系良好。

1.2.3 可溶性糖含量测定 葱酮比色法^[18]:取新鲜食用菊剪碎混匀,称取0.2 g,放入50 mL PE离心管中,加入10 mL蒸馏水,保鲜膜封口,于沸水中提取30 min(提取2次),提取液过滤入25 mL容量瓶中,反复漂洗离心管及残渣,定容至25 mL;吸取样品提取液0.5 mL于20 mL刻度试管中,加入1.5 mL水和0.5 mL葱酮试剂,摇匀后,沿试管壁缓缓加入5 mL浓硫酸,摇匀,沸水浴保温1 min,在630 nm下测定样品的吸光度,查标准曲线即可算出样品中可溶性糖的含量。利用葡萄糖所测标准曲线方程为; $A = 0.008X - 0.0269$, $r = 0.9993$,在0~140 μg范围内线性关系良好。

1.2.4 氨基酸含量测定 茚三酮溶液显色法^[18]:称取新鲜样品0.3 g左右,放在研钵中加3 mL 10%醋酸溶液研磨至匀浆,然后以蒸馏水转移到容量瓶中,并定容至25 mL,仔细摇匀,过滤;吸取1 mL滤液,加入3 mL茚三酮,0.1 mL 0.1%抗坏血酸溶液,混匀,盖上玻璃塞,置80 ℃浴中加热30 min取出,取出后用冷水迅速冷却并不时摇动,当管内呈现蓝紫色时,用60%乙醇定容至20 mL,混匀后在570 nm下测定吸光度。利用亮氨酸测得的标准曲线方程为 $A = 0.0045X - 0.01$, $r = 0.9970$,在0~100 μg范围内线性关系良好。

1.2.5 抗坏血酸含量测定 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[18]:称取鲜样1 g,置于研钵中,加入5 mL 2%草酸,研成匀浆。将样品提取液转移到25 mL容量瓶中,残渣再用2%草酸提取3次,提取液及残渣一并转容量瓶中,最后以2%草酸定容,过滤备用;取10 mL标准抗坏血酸溶液至三角瓶中,以2,6-二氯酚靛酚钠溶液滴定至出现明显粉红色,且30 s内不退色为终点。计算1 mL染料相当于抗坏血酸的毫克数(重复3次,取平均值);吸取滤液20 mL,放入25 mL三角瓶中,立即用2,6-二氯酚靛酚钠溶液滴定至出现明显粉红色,且30 s内不退色为止,记录所用滴定液体积,计算样品中抗坏血酸含量。

$$100 \text{ g 样品中抗坏血酸含量} = \frac{(y_0 - y_1) \times A}{B} \times \frac{Z}{X} \times 100$$

式中: y_1 :滴定空白所用染料毫升数(mL); y_0 :滴定样品所用染料毫升数(mL); A :1 mL染料相当于抗坏血酸的毫克数(mg); B :样品克数(g); X :滴定时样品的体积(mL); Z :样品定容后总体积(mL)。

1.2.6 总黄酮含量测定 参照沈维治等^[19]的方法,采用 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 - \text{NaNO}_2$ 分光光度比色法,其标准曲线方程为 $A = 1.0636X - 0.0153$, $r = 0.9993$ 。

1.2.7 绿原酸、黄芩苷和槲皮素含量测定 参照文献[20],并对色谱条件加以改进。改进后的色谱条件为: Hypersil ODS C18柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm);流动相:A(甲醇:0.4%乙酸溶液 = 10:90), B(甲醇:2.5%乙酸溶液 = 90:1);梯度洗脱程序:0~8 min 87% A→75% A, 8~25 min 25% B→70% B;25~40 min 70% B;流速:1.0 mL·min⁻¹;检测波长:337 nm;柱温:25 ℃;进样量:10 μL。

所测得的绿原酸、黄芩苷、槲皮素标准曲线分别为: $A = 1977.7X - 4.7078$, $r = 0.9999$; $A = 1042.3X - 6.9022$, $r = 0.9998$; $A = 2152.5X - 4.0162$, $r = 0.9998$ 。

1.2.8 挥发油测定 参照贺曼曼^[21]的方法并加以改进。样品制备:将新鲜的食用菊花朵粉碎,称取200 g,1500 mL超纯水装入5000 mL圆底烧瓶,连接挥发油测定仪和冷凝管装置,电炉上加热保持微沸8 h后停止加热,静置10 min后,用2 mL正己烷收集蒸馏出的挥发油,有机滤头过滤后GC-MS检测。色谱条件:GC:HP-5MS毛细管色谱柱(0.25 mm × 30 m × 0.25 μm);进样口温度:260 ℃;载气为高纯氮气,流速1.0 mL·min⁻¹;恒流,分流比:25:1;进样量:2 μL;柱温:初始温度80 ℃,以2 ℃·min⁻¹升至100 ℃保持

表1 食用菊花营养成分含量

Table 1 Nutrient contents of edible chrysanthemum

营养成分	SYJ1	SYJ2	SYJ3	SYJ4
氨基酸含量($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	7.95 ± 0.37^c	13.70 ± 0.30^{ab}	15.69 ± 1.04^a	12.73 ± 0.48^b
可溶性糖含量($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	69.97 ± 1.22^a	56.05 ± 0.49^c	65.03 ± 1.88^{ab}	36.36 ± 1.42^d
可溶性蛋白含量($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	50.23 ± 0.72^b	65.97 ± 1.07^a	39.72 ± 2.83^c	49.12 ± 0.96^b
抗坏血酸含量($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	95.58 ± 0.42^b	86.70 ± 1.30^c	156.97 ± 3.21^a	93.33 ± 2.64^{bc}

20 min,再以 $10\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $120\text{ }^\circ\text{C}$,以 $12\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $180\text{ }^\circ\text{C}$,再以 $10\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 升至 $250\text{ }^\circ\text{C}$ 保持 5 min。MS: EI 源 (70 eV), 双灯丝, 离子源温度 $230\text{ }^\circ\text{C}$; 四极杆温度: $150\text{ }^\circ\text{C}$; 质量范围 m/z : $50\sim 500$ 全程扫描, 延时 3 min。

1.3 数据处理

试验结果统计与分析采用 Excel、SPSS 20.0 软件进行统计分析(氨基酸、可溶性糖、可溶性蛋白、总黄酮、抗坏血酸、绿原酸、槲皮素和黄芩苷含量为折合含水量后干样中的含量), Duncan's 法 ($p = 0.05$) 进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 水分含量测定

水分含量是影响食用菊花口感的重要因素之一。四个品种的食用菊花水分含量如图 1 所示, 4 种新鲜食用菊花中 SYJ2 含水量最高, 为 80.08% , SYJ3 与 SYJ2 间含水量无显著差异 ($p > 0.05$), SYJ1 和 SYJ4 含水量显著低于 SYJ2 和 SYJ3, SYJ1 和 SYJ4 品种间含水量差异显著 ($p < 0.05$)。

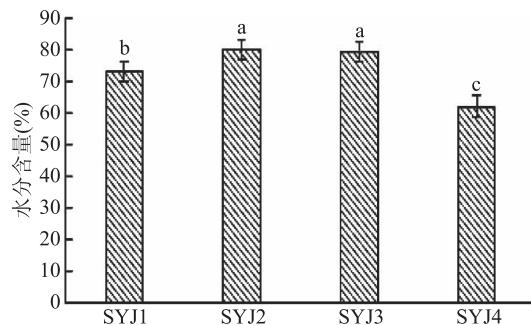


图1 新鲜食用菊花水分含量

Fig.1 Water contents of fresh edible chrysanthemum

注: 相同指标不同品种数据间不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$); 表 1、图 2~图 3 同。

2.2 营养成分含量测定

从表 1 中可以看出, 4 种食用菊花氨基酸含量为 $7.95\sim 15.69\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 其中 SYJ4 与 SYJ2 无显著差异 ($p > 0.05$), SYJ3 氨基酸含量最高, 比氨基酸含量最低的 SYJ1 高出 97.36% , SYJ3 和 SYJ2 是氨基酸含量较高的食用菊品种。

可溶性糖具有保持花瓣鲜艳的作用, 食用菊花的可溶性糖含量与其观赏性和口感成正相关关系^[23]。SYJ3 与 SYJ1 可溶性糖含量都高于 $60\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 且无显著差异(表 1, $p > 0.05$), SYJ4 可溶性糖含量为 $36.36\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 显著 ($p < 0.05$) 低于其他品种, 仅为 SYJ1 的 52.35% 。

蛋白质可以为人体提供其必需氨基酸, 具有延年益寿的作用, 含量越高, 食用菊花品质更好^[22]。SYJ2 可溶性蛋白含量最高, SYJ3 含量最低, SYJ2 中含量比 SYJ3 高出 66.09% , SYJ4 与 SYJ1 可溶性蛋白含量无显著差异 ($p > 0.05$)。

抗坏血酸(V_c) 是一种水溶性维生素, 对超氧自由基有较强的清除能力, 具有很强的还原性, 是一种天然的抗氧化剂, 适当摄入可保持身体健康^[24]。SYJ3 中抗坏血酸含量为 $156.97\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 显著 ($p < 0.05$) 高于其他三个品种, SYJ4 和 SYJ1 中抗坏血酸含量无显著差异 ($p > 0.05$), SYJ2 的抗坏血酸含量最低, 仅为 SYJ3 的 55.23% 。

总的来说, SYJ3 的氨基酸、可溶性糖和抗坏血酸含量整体较高, 其营养价值相对较高。

2.3 功能性保健成分含量测定

如图 2 所示, 4 个品种食用菊花的总黄酮含量范围为 $30.26\sim 86.34\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 其中 SYJ2 的总黄酮含量为 $86.34\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 显著 ($p < 0.05$) 高于其他三个品种, 每个品种间的总黄酮含量都有显著差异 ($p < 0.05$), 含量高低为 SYJ2 > SYJ3 > SYJ1 > SYJ4, 其中 SYJ4 的总黄酮含量只有 SYJ2 的 35.05% 。

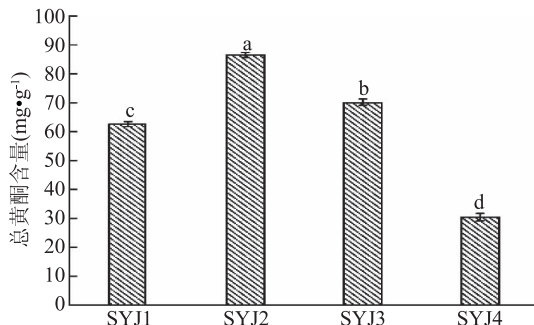


图2 食用菊花总黄酮含量

Fig.2 Flavonoid contents of edible chrysanthemum

如图 3, 对于绿原酸, SYJ3、SYJ4 和 SYJ2 含量差异不显著 ($p > 0.05$), SYJ1 中绿原酸含量仅为 $1.23\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 显著低于其他品种 ($p < 0.05$)。4 个品种食用菊花槲皮素含量为 $1.58\sim 3.13\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 各品种间差异显著 ($p < 0.05$), 含量由高到低依次为 SYJ3 > SYJ2 > SYJ1 > SYJ4, SYJ3 槲皮素含量比 SYJ4 高出 98.10% 。同时, SYJ3 黄芩苷含量也显著高于其他品种, SYJ4 其次, SYJ1 黄芩苷含量最低, 为 $8.31\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$, 是 SYJ3 黄芩苷含量的 47.16% 。

由此可见, 不同品种食用菊花间功能性保健成分含量差异明显, 其中 SYJ3 的槲皮素和黄芩苷含量显著高于其他品种, 同时绿原酸含量也较高, 具有更高的保健价值。

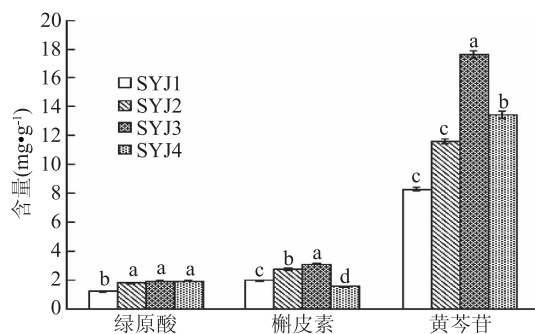


图3 绿原酸、槲皮素和黄芩苷含量

Fig.3 Contents of chlorogenic acid, quercetin and baicalin

2.4 挥发油化学成分分析

按照 1.2.8 所示方法对食用菊挥发性成分进行检测分析,将得到的总离子流图中的各峰经质谱扫描后得到质谱图,经过系统检索、谱图解析、文献核对等步骤,最终鉴定出 4 个品种食用菊挥发油中的 49 个化合物,并采用气相色谱数据处理系统,以面积归一化法测得不同品种食用菊挥发油种类及其相对含量,结果见表 2。图 4 为 SYJ2 挥发油的 GC-MS 总离子流图。

从表 2 可以看出,食用菊花所含挥发油成分主要为倍半萜类、单萜类及其含氧衍生物和脂肪族化合物等。4 个品种食用菊主体香气成分基本一致,包括了低沸点和高沸点的挥发油组分,如 α -蒎烯、桉烯、1,8-桉叶油素和 3-甲基-1,5-环辛二烯等;但不同品种所含挥发油成分总数及种类有差异。食用菊 SYJ1、SYJ2、SYJ3 和 SYJ4 含有已鉴定出的挥发油成分分别为 37 个、33 个、25 个和 38 个,分别占挥发性成分的 99.15%、95.81%、95.53% 和 97.44%。含有 18 种主要相同成分,包括 1,8-桉叶油素、双环[2.2.2]癸烷-2-烯-5-酮、对伞花烃、2,6,6-三甲基-双环(3.1.1)-庚-2-烯-4-醇-乙酯、 β -榄香烯、(-)- β -石竹烯、 α -萜澄茄烯、 β -倍半水芹烯和 3-甲基-1,5-环辛二烯等,但含量差异较大。含量在 5% 以上的成分有 α -蒎烯、1,8-桉叶油素、双环[2.2.2]癸烷-2-烯-5-酮、冰片醋酸酯、2,6,6-三甲基-双环(3.1.1)-庚-2-烯-4-醇-乙酯、 β -榄香烯、(-)- β -石竹烯和 α -萜澄茄烯。

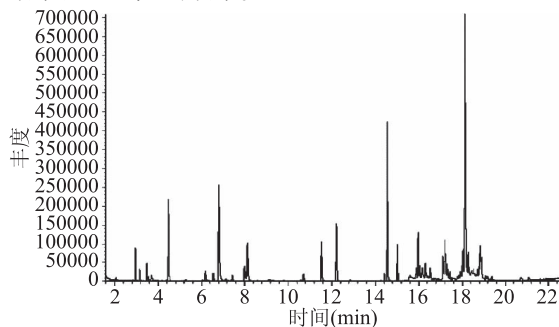


图4 食用菊花的 GC-MS 总离子流图

Fig.4 GC-MS total ion current chromatograms of volatile oils from edible chrysanthemum

3 讨论与结论

SYJ1、SYJ2 和 SYJ3 中可溶性糖含量较高且无显

著差异,SYJ2 和 SYJ3 氨基酸含量较高,SYJ2 可溶性蛋白含量较高,SYJ3 抗坏血酸含量较高,SYJ3 和 SYJ2 整体营养品质更高。贺曼曼^[21]测得不同品种菊花中总游离氨基酸含量约在 5.63~28.06 mg·g⁻¹;金潇潇等^[25]对 20 个菊花品种花瓣进行营养品质分析,得出各品种可溶性糖含量为 47.7~84.4 mg·g⁻¹,可溶性蛋白含量为 4.3~14.4 mg·g⁻¹,维生素 C 含量为 178.5~678.8 μ g·g⁻¹;而本试验发现食用菊花中可溶性蛋白含量较高,其他成分含量与以上研究无明显差异。因此不同品种食用菊花特定营养指标含量有所差异。

刘利军等^[26]发现安徽省 3 种药用菊花总黄酮含量 25.62~80.23 mg·g⁻¹;郭巧生等^[27]测得药用白菊花中绿原酸含量为 0.7~4.1 mg·g⁻¹,总黄酮含量在 19.0~71.8 mg·g⁻¹;袁琦等^[20]的研究表明菊花中黄芩苷和槲皮素含量分别为 2.4% 和 0.2%;本试验中四种食用菊花的这四种成分含量与上述报道基本一致。黄酮类化合物对植物的整个生长发育过程有重要作用,同时具有诸多保健功能,可以治疗心血管疾病,具有抗菌、抗氧化自由基、镇痛、抗肌瘤、保肝和抗病毒等功效^[28]。因此,对食用菊花中黄酮类化合物进一步研究是具有重要意义的。

黄保民等^[29]发现怀菊花挥发油组分主要有菊烯酮、桉油精、菊烯酮乙酸酯、聚伞花烯和 β -石竹烯等。官艳丽等^[30]鉴定了杭白菊和杭黄菊挥发油成分,发现了杭白菊中的 59 种挥发性化合物和杭黄菊的 65 种挥发油成分,分别占总量的 83.6% 和 77.4%。同时发现杭白菊和杭黄菊中相同的挥发油组分有 41 种,包括樟脑、石竹烯、龙脑、 β -金合欢烯、乙酸龙脑酯、 α -姜黄烯等。王莹等^[31]发现小白菊中挥发油主要成分为石竹烯、 α -杜松醇、杜松脑、氧化石竹烯。综上所述,菊花产地和品种类型是影响挥发油种类和含量的主要因素,不同品种菊花挥发油种类大部分相同,但含量差异显著,基本为单萜烯类、倍半萜烯类及其含氧衍生物等^[32]。张菲菲等^[33]在前人研究的基础上,总结出菊花中单萜类成分主要有:樟脑、1,8-桉叶醚、 β -蒎烯、马鞭草醇、对聚花伞素等;倍半萜类成分主要有:甜没药醇、金合欢醇、 α -萜澄茄醇、金合欢烯、姜烯等。本试验结果表明,食用菊花主要成分有 α -蒎烯、1,8-桉叶油素、双环[2.2.2]癸烷-2-烯-5-酮、冰片醋酸酯、2,6,6-三甲基-双环(3.1.1)-庚-2-烯-4-醇-乙酯、 β -榄香烯、(-)- β -石竹烯和 α -萜澄茄烯等。SYJ3 挥发油成分相对较少,18 个共有成分的含量占总含量的 85% 以上,其中 2,6,6-三甲基-双环(3.1.1)-庚-2-烯-4-醇-乙酯含量高达 33.51%。而 SYJ4 挥发油成分种类较多,共有成分的含量占总含量的 71.53%,其中 β -榄香烯含量为 25.57%。本试验的研究结果发现食用菊挥发油含有多种萜烯、萜醇类成分,有研究表明这些成分具有一定抗氧化和抗菌抑菌的作用^[34],说明食用菊花同时具有药理学研究价值和天然食品抑菌剂的潜能,是一种值得推广的新型食品。

4 个品种食用菊花主要化学成分含量存在显著差异,其中 SYJ3 营养成分和功能性保健成分含量更

表2 食用菊花挥发油成分
Table 2 Volatile constituents in fresh flowers of edible chrysanthemum

峰号	保留时间 (min)	化合物名称	英文名	分子量	分子式	相对含量(%)			
						SYJ1	SYJ2	SYJ3	SYJ4
1	2.059	1-甲基-1,4-环己二烯	1-methyl-1,4-cyclohexadiene	94	C ₇ H ₁₀	-	-	0.32	0.11
2	2.857	α-侧柏烯	α-thujene	136	C ₁₀ H ₁₆	-	-	-	0.18
3	2.966	α-蒎烯	α-pinene	136	C ₁₀ H ₁₆	1.59	1.79	9.77	2.22
4	3.168	樟烯	camphene	136	C ₁₀ H ₁₆	0.6	0.71	-	0.52
5	3.479	桉烯	sabene	136	C ₁₀ H ₁₆	1.2	1.09	1.11	1.08
6	3.556	β-蒎烯	β-pinene	136	C ₁₀ H ₁₆	0.23	0.32	1.10	0.50
7	3.696	柠檬烯	cinene	136	C ₁₀ H ₁₆	0.31	0.49	0.79	0.37
8	4.484	1,8-桉叶油素	1,8-cineole	154	C ₁₀ H ₁₈ O	5.98	6.39	2.01	8.11
9	5.261	水合香桉烯	sabinene hydrate	154	C ₁₀ H ₁₈ O	-	-	-	0.47
10	6.199	双环[2.2.2]癸烷-2-烯-5-酮	bicyclo[2.2.2]oct-2-en-5-one	154	C ₈ H ₁₀ O	1.21	1.06	8.44	1.41
11	6.562	对伞花烃	p-cymene	134	C ₁₀ H ₁₄	0.72	1.07	1.7	0.69
12	6.821	2,6,6-三甲基-双环(3.1.1)-庚-2-烯-4-醇-乙酯	bicyclo(3,1,1)hept-2-en-4-ol, 2,6,6-trimethyl-, acetate	122	C ₉ H ₁₄	10.49	11.89	33.51	11.17
13	7.438	樟脑	camphor	152	C ₁₀ H ₁₆ O	0.62	0.82	1.12	6.55
14	8.132	冰片	(-)-borneol	154	C ₁₀ H ₁₈ O	5.25	5.42	-	-
15	9.096	α-松油醇	α-terpineol	154	C ₁₀ H ₁₈ O	-	-	-	0.51
16	10.718	4-亚甲基-1-(1-甲基乙基)-双环[3.1.0]-己-2-烯	bicyclo(3,1,0)hex-2-ene, 4-methylene-1-(1-methylethyl)	134	C ₁₀ H ₁₄	0.43	1.10	2.32	0.69
17	11.532	1-甲基-2-(1-甲基乙基)-苯	2-ethyl-1,4-dimethylbenzene	134	C ₁₀ H ₁₄	2.43	2.94	-	-
18	12.226	冰片醋酸酯	bornylacetate	196	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	3.53	5.37	-	-
19	14.558	β-榄香烯	β-elemene	204	C ₁₅ H ₂₄	16.25	14.1	2.20	25.57
20	15.03	(-)-β-石竹烯	(-)-β-caryophyllene	204	C ₁₅ H ₂₄	1.65	2.00	6.47	2.77
21	15.6	(-)-β-金合欢烯	(-)-β-farnesene	204	C ₁₅ H ₂₄	1.23	-	2.71	1.15
22	15.667	香叶基芳樟醇	geranyl linalool	290	C ₂₀ H ₃₄ O	0.48	-	-	-
23	15.683	优葛缕酮	eucarvone	150	C ₁₀ H ₁₄ O	-	-	0.92	-
24	15.88	α-蛇床烯	α-selinene	204	C ₁₅ H ₂₄	0.97	0.89	-	0.19
25	15.968	α-葑烯	α-cubebene	204	C ₁₅ H ₂₄	1.22	3.01	8.62	4.97
26	16.046	佛术烯	eremophilene	204	C ₁₅ H ₂₄	0.94	1.08	-	0.78
27	16.139	姜烯	zingiberene	204	C ₁₅ H ₂₄	-	-	6.30	-
28	16.149	香树烯	(-)-allo-aromadendrene	204	C ₁₅ H ₂₄	1.23	2.12	-	1.45
29	16.17	β-麝子油烯	β-farnesene	204	C ₁₅ H ₂₄	-	-	-	1.25
30	16.305	α-雪松烯	α-himachalene	204	C ₁₅ H ₂₄	-	1.48	-	2.69
31	16.325	α-古巴烯	α-copaene	204	C ₁₅ H ₂₄	1.50	-	1.03	-
32	16.533	β-倍半水芹烯	β-sesquiphellandrene	204	C ₁₅ H ₂₄	2.31	0.74	3.12	0.40
33	17.113	1,2-二氢-1,1,6-三甲基-萘	1,2-dihydro-1,1,6-trimethyl-naphthalene	172	C ₁₃ H ₁₆	-	1.72	-	2.50
34	17.305	5-(1,1-二甲乙基)-1,3-环戊二烯	5-(1,1-dimethylethyl)-1,3-cyclopentadiene	122	C ₉ H ₁₄	1.27	1.33	1.19	1.45
35	17.807	α-长叶蒎烯	α-longipinene	204	C ₁₅ H ₂₄	0.30	-	0.35	0.51
36	17.921	甲基丙烯酸异冰片酯	Isobornyl methacrylate	222	C ₁₄ H ₂₂ O ₂	0.69	0.47	1.08	0.15
37	18.046	3-甲基-1,5-环辛二烯	3-methylcycloocta-1,5-diene	122	C ₉ H ₁₄	2.24	2.18	0.76	2.95
38	18.113	桉脑	juniper camphor	222	C ₁₅ H ₂₆ O	-	-	1.06	1.47
39	18.124	(+)-γ-古芸烯	(+)-γ-gurjunene	204	C ₁₅ H ₂₄	16.67	18.01	-	-
40	18.144	氧化石竹烯	caryophyllene oxide	230	C ₁₅ H ₂₄ O	-	-	-	3.44
41	18.279	β-芹子烯	(+)-β-selinene	204	C ₁₅ H ₂₄	2.27	1.81	-	-
42	18.45	(+)-松香芹醇	(+)-pinocarveol	152	C ₁₀ H ₁₆ O	1.45	-	-	1.30
43	18.528	β-红没药烯	β-bisabolene	204	C ₁₅ H ₂₄	1.61	0.68	-	0.96
44	18.704	异香橙烯环氧化物	Isoromadendrene epoxide	230	C ₁₅ H ₂₄ O	-	-	-	2.23
45	18.782	亚乙基环辛烷	ethylidenecyclooctane	138	C ₁₀ H ₁₈	0.69	-	-	0.59
46	18.823	α-没药醇	α-bisabolol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	2.34	2.41	-	1.98
47	19.398	马兜铃烯环氧化物	aristoleneepoxide	220	C ₁₅ H ₂₄ O	0.3	1.49	-	-
48	20.725	2,2'-亚甲基双-(4-甲基-6-叔丁基苯酚)	2,2'-Methylenebis(6-tert-butyl-4-methylphenol)	252	C ₁₆ H ₂₈ O ₂	2.83	0.92	-	-
49	21.098	二十二烷	docosane	310	C ₂₂ H ₄₆	0.50	0.54	0.88	0.48

注：“-”代表未检出。

高,可作为在四川推广的优质食用菊品种,并配套相应的引种栽培技术。本研究发现2,6,6-三甲基-双环(3.1.1)-庚-2-烯-4-醇-乙酯、(+)-γ-古芸烯和β-榄香烯是食用菊中含量最高的三种挥发油成分,这与以往药用菊花的研究结果不同,说明新鲜食用菊具有独特的香味,同时也可作为食用菊花的资源开发利用提供科学依据。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:2015年版(一部)[M]. 中国: 中国医药科技出版社,2015:310-311.
- [2] 谢占芳,张倩倩,朱凌佳,等. 菊花化学成分及药理活性研究进展[J]. 河南大学学报:医学版,2015,34(4):290-300.
- [3] Lin L Z, Harnly J M. Identification of the phenolic components

- of chrysanthemum flower (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) [J]. Food Chemistry, 2010, 120(1): 319-326.
- [4] 李保利. 超生波法从菊花中提取黄酮的方法研究[J]. 山东化工, 2017(12): 32-34.
- [5] 王庆兰, 林慧彬, 张素芹. 不同菊花氨基酸含量的比较研究[J]. 中国中医药科技, 2005(4): 249.
- [6] Rajic A, Akihisa T, Ukiya M, et al. Inhibition of trypsin and chymotrypsin by anti-inflammatory triterpenoids from compositae flowers [J]. Planta Medica, 2001, 67(7): 599-604.
- [7] 王珊. 不同加工工艺对菊花提取物的抗氧化活性的影响[J]. 中南药学, 2016(5): 505-507.
- [8] 全文婕, 史晓欣, 熊润德, 等. 野菊花抗肿瘤活性部位筛选研究[J]. 中南医学科学杂志, 2017(3): 242-246.
- [9] 付为琳, 孙桂菊. 菊花的有效成分、功效、提取工艺及开发前景[J]. 食品工业科技, 2008(3): 296-299.
- [10] 王婷婷, 王少康, 黄桂玲, 等. 菊花主要活性成分含量及其抗氧化活性测定[J]. 食品科学, 2013(15): 95-99.
- [11] Pan C, University B F, Architecture C O L. Advances and prospects in molecular breeding of day-neutral chrysanthemum [J]. Molecular Plant Breeding, 2010, 8(2): 350-358.
- [12] 唐焕伟, 张兴, 曲彦婷, 等. 食用菊的引种繁育及栽培技术[J]. 北方园艺, 2008(5): 164-166.
- [13] 陈军, 刘延刚, 张永涛, 等. 食用菊花的营养保健功能及盆栽技术[J]. 农业科技通讯, 2015(1): 186-188.
- [14] 李建国. 食用菊花花瓣组织培养初探[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(16): 4831-4832.
- [15] 王桂珍. 叶面喷施锌硒肥对食用菊品质的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2016: 17-32.
- [16] 王凯能. 食用菊品种的筛选评价[D]. 南京: 南京农业大学, 2015: 1-9.
- [17] 郑超, 王月秋. 食品中水分的测定方法[J]. 科学技术创新, 2016(22): 8.
- [18] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 198-261.
- [19] 沈维治, 邹宇晓, 刘凡, 等. 雪菊与市售菊花活性成分的比较研究[J]. 热带作物学报, 2012(12): 2284-2287.
- [20] 袁琦, 赵辉, 蒲晓辉, 等. HPLC法同时测定菊花中绿原酸、黄酮苷和槲皮素的含量[J]. 沈阳药科大学学报, 2014(2): 112-115.
- [21] 贺曼曼. 不同品种菊花成分分析及挥发油研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2011.
- [22] Woltering E J, Doorn W G V. Role of Ethylene in senescence of petals—morphological and taxonomical relationships [J]. Journal of Experimental Botany, 1988, 39(208): 1605-1616.
- [23] 徐慧颖, 丁义峰, 张国贞, 等. 不同菊花品种花瓣的食用价值分析[J]. 湖北农业科学, 2011(3): 530-532.
- [24] 葛颖华, 钟晓明. 维生素C和维生素E抗氧化机制及其应用的研究进展[J]. 吉林医学, 2007, 28(5): 707-708.
- [25] 金潇潇, 陈发棣, 陈素梅, 等. 20个菊花品种花瓣的营养品质分析[J]. 浙江林学院学报, 2010(1): 22-29.
- [26] 刘利军, 于艳, 时维静, 等. 安徽省3种药用菊花总黄酮含量比较[J]. 安徽科技学院学报, 2012(4): 47-50.
- [27] 郭巧生, 何先元, 刘丽, 等. 药用白菊花4个栽培类型内在质量的比较研究[J]. 中国中药杂志, 2002(12): 21-23.
- [28] 梅娜, 周文明, 胡晓玉, 等. 花生粕营养成分分析[J]. 西北农业学报, 2007(3): 96-99.
- [29] 黄保民, 刘杰. 气质联用法对怀菊花及“大怀菊”挥发油化学成份的分析与比较[J]. 中医研究, 1997(5): 16-18.
- [30] 官艳丽, 王燕军, 石琳, 等. 杭白菊和杭黄菊挥发油的GC-MS分析[J]. 分析实验室, 2007(6): 77-80.
- [31] 王莹, 杨秀伟. 不同炮制品怀小白菊挥发油成分的GC-MS分析[J]. 中国中药杂志, 2006(6): 456-459.
- [32] 赵欧. 不同产地菊花挥发油的GC/MS分析[J]. 湖北农业科学. 2014(12): 2898-2901.
- [33] 张菲菲, 马永建, 孙桂菊. 菊花挥发油研究进展[J]. 食品研究与开发, 2009(3): 162-165.
- [34] 张婷婷, 郭夏丽, 黄学勇, 等. 辛夷挥发油GC-MS分析及其抗氧化、抗菌活性[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 144-150.

**本刊所付稿酬中已包含数字出版
(包括镜像、光盘、网络、移动终端机
其他新型服务方式) 应付的稿酬。**