

万寿菊成分及生理活性研究概况

王欢欢^{1,2}, 吴娟娟², 吴迪^{1,2}, 程帅², 高伟^{1,2*}

¹河北省植物资源综合利用重点实验室; ²晨光生物科技集团股份有限公司, 邯郸 057250

摘要:为深入研究万寿菊资源的综合开发利用提供依据和参考, 本文综述了万寿菊根、茎、叶、花各部位的成分及各类成分的生理活性。万寿菊根、茎、叶中主要成分为挥发油、噻吩、黄酮类物质, 花中主要含有色素类、挥发油、黄酮等成分。挥发油类成分具有抑菌杀菌作用, 黄酮类成分具有很好的抗氧化作用和抗炎作用, 噻吩类成分能够很好的杀死植物线虫和多种蚊虫, 而色素中的叶黄素对视力保护具有很好的作用。

关键词:万寿菊; 成分; 生理活性; 研究概况

中图分类号: R284

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2019) Suppl-0162-08

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2019.S.024

Review on ingredients and effectiveness of *Tagetes erecta* L.

WANG Huan-huan^{1,2}, WU Juan-juan², WU Di^{1,2}, CHENG Shuai², GAO Wei^{1,2*}

¹Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Plant Resources in Hebei Province;

²Chengguang Biotech Group Limited Corporation, Handan 057250, China

Abstract: To provide the basis and reference for further research on the comprehensive development and utilization of marigold resources. The constituents of *Tagetes erecta* L. in roots, stems, leaves and flowers as well as these physiological activities were reviewed. The volatile oil, thiophene, flavonoids are the main components in Marigold roots, stems and leaves. The flowers mainly contain pigment, volatile oil, flavonoids and other components. Volatile oil is a kind of compound with antibacterial and bactericidal activities, while flavonoids have good antioxidant and anti-inflammatory effects. Thiophene can kill plant nematodes and a variety of mosquitoes. One of the pigment lutein has a good effect on vision protection. It aims to provide the basis and reference for further research on the comprehensive development and utilization of marigold resources.

Key words: *Tagetes erecta* L.; ingredients; physiological activity; survey

万寿菊 (*Tagetes erecta* L.) 是一年生菊科植物, 俗称臭芙蓉、蜂窝菊、万盏灯等, 原产于美洲, 从明代起传入中国, 近年来在我国新疆、云南等地普遍栽培^[1]。其黄色的花朵中富含可食用的黄色素, 可作为天然的食品和饲料添加剂, 目前万寿菊花朵是被利用最多的, 主要用于提取叶黄素。万寿菊作为新兴的经济作物, 越来越受到人们重视, 种植面积也在逐年增加。除了花朵的应用外, 其根、茎、叶等部位也含有多种其他类有效成分, 如黄酮类、挥发油类、噻吩类等。

本文根据万寿菊植株的不同部位对万寿菊中的成分研究进行了系统的综述, 并对各种类成分的生

理活性进行了总结, 为后续万寿菊植株的综合开发利用提供了依据。

1 万寿菊各部位化学成分

1.1 万寿菊根成分

1.1.1 挥发油成分

在万寿菊根的挥发油中含有萜类、醛、酮、酯、酚等各类化合物。Chen 等^[2]使用水蒸汽蒸馏法对万寿菊根中的挥发油成分进行了提取分离, 并采用 GC-MS 联用技术对挥发油中的化学成分进行了分析鉴定, 共鉴定出 10 个化合物, 分别为 2-呋喃甲醛、松油醇、2-己烯醛、胡椒酮、2-甲基-5-异丙基苯酚、庚醛、2,5-二环戊烯基环戊酮、邻二甲酸丁酯(2-乙基)乙酯和庚丁烯二酰亚酸。其中邻苯二甲酸丁酯(2-乙基)乙酯(22.63%)、 α -松油醇(17.34%)和 2-乙基烯醇(12.92%)的相对含量较高。

1.1.2 噻吩类成分

万寿菊根中含有一类具有光活化毒性的杀虫成分噻吩类成分。Kan 等^[3]用荧光分光光度法检测到万寿菊根中 α -三联噻吩(1) 含量为 17.52 $\mu\text{g/g}$ 。Li^[4]在万寿菊根中的乙醇提取物中分离得到一种 2,2'-二联噻吩-5-醇(2) (见图 1)。

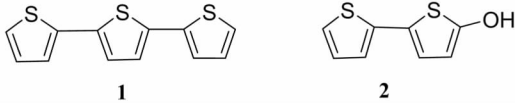


图 1 万寿菊根中的主要噻吩类化合物结构

Fig. 1 Structures of thiophene from marigold root

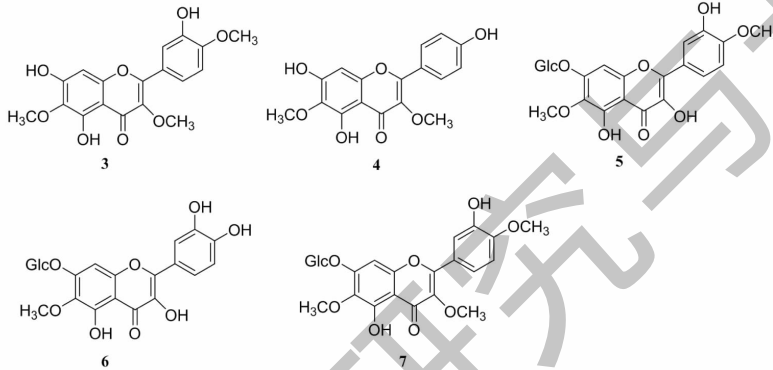


图 2 万寿菊根中的主要黄酮类化合物结构

Fig. 2 Structures of flavonoids from marigold root

1.1.4 其他成分

万寿菊根中还有其他成分,如 5-羟甲基糠醛基-甲基-丁二酸酯(8)、3-羟基-4-甲氧基苯甲酸(9) (见图 3)等^[4]。Liu^[5]对万寿菊根粉采用酸溶碱沉法提取得到生物碱,经分离鉴定,分为酚性弱碱性生物碱、非酚性弱碱性生物碱、酚性叔胺生物碱、非酚性叔胺生物碱和水溶性生物碱。

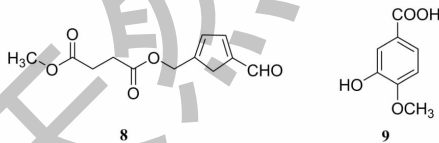


图 3 万寿菊根中其他主要化合物结构

Fig. 3 Structures of other compounds from marigold root

1.2 万寿菊花的成分

万寿菊花朵是目前万寿菊利用最广泛的部位,主要用于色素提取。万寿菊花中除色素成分外还有多种其他成分,如挥发油和黄酮类等成分。

1.2.1 挥发油成分

万寿菊花中含有大量挥发油成分,主要为萜烯

1.1.3 黄酮类成分

黄酮类成分是植物中广泛存在的一类天然化合物,万寿菊根中也含有黄酮及其糖苷类成分。Li 等^[4]经硅胶柱色谱和 Sephadex LH-20 色谱从万寿菊根乙醇提取物中得到 9 个化合物,其中黄酮成分有 5,7,3'-三羟基-3,6,4'-三甲氧基黄酮(3)、5,7,4'-三羟基-3,6-二甲氧基黄酮(4)、万寿菊素-4'-甲氧基-7-O- β -D-葡萄糖苷(5)、万寿菊苷(6)、5,3'-二羟基-3,6,4'-三甲氧基-黄酮-7-O- β -D-葡萄糖苷(7) (见图 2)。

类化合物。Hui 等^[6]从万寿菊花中提取得到有浓郁香味的黄色油状液体,鉴定出 40 种化合物,含量高的有柠檬烯、3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇、1-环己基-2-甲基-丙烯-2-酮、3-甲基-6-(1-甲基)-2-环己烯-1-酮、3-甲基-6-(1-甲基亚乙基)-2-环庚烯-1-酮。Igarwan 等^[7]从万寿菊花中提取到的精油中鉴定出 98 种成分。Si 等^[8]通过 LC-MS 鉴定出万寿菊花精油中 47 中成分,包括冰片烯、石竹烯等。Prakash 等^[9]在分离得到的万寿菊花精油中分析鉴定出 51 中化合物,主要为单萜类和倍半萜类化合物,其中有胡椒烯酮、紫罗酮、桉树酚、罗勒烯酮等。

1.2.2 色素成分

万寿菊花中被利用的主要有效成分为类胡萝卜素类色素成分,主要是叶黄素(10) (见图 4)及其酯类,其中叶黄素酯是主要存在形式,占总类胡萝卜素的 90%^[10],Chen^[11]用超临界流体 CO_2 萃取法从万寿菊花中得到叶黄素产品,经多种分析手段,鉴定出的脂肪酸有月桂酸(C 12:0)、肉豆蔻酸(C 14:0)、棕榈酸(C 16:0)、硬脂酸(C 18:0)、油酸(C 18:1)、亚油酸(C 18:2)、亚麻酸(C 18:3)和花生酸(C 20:

0)。Tsao 等^[12]经鉴定发现,与叶黄素相连的脂肪酸主要是肉桂酸、豆蔻酸和棕榈酸,可形成叶黄素单酯和叶黄素双酯。其次,还有少量 β 胡萝卜素(11)、玉米黄质(12)等成分^[10,13]。Chen^[14]使用大孔树脂在万寿菊花中纯化得到玉米黄质。叶黄素存在多种异构体,Zhang^[15]通过 C30-HPLC-PDA 法从万寿菊花的提取物中分离出叶黄素类成分,并进行了几何

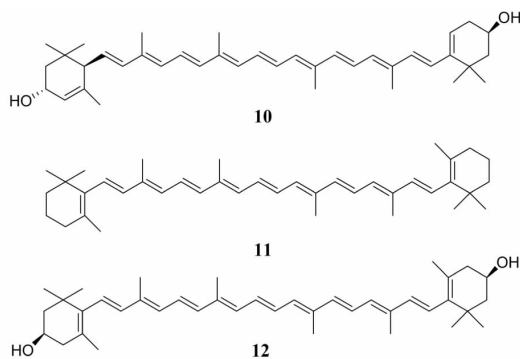


图4 万寿菊花中主要色素成分的化合物结构

Fig. 4 Structures of the main pigment components in marigold flower

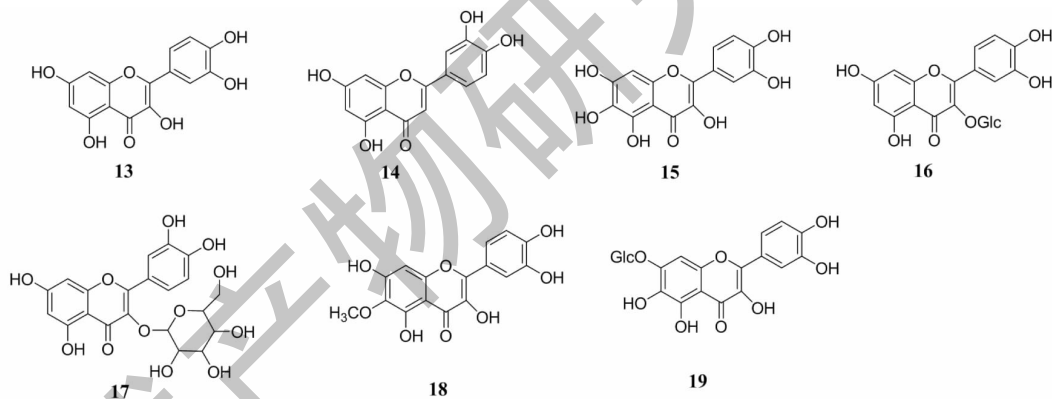


图5 万寿菊花中主要黄酮化合物结构

Fig. 5 Structures of flavones in marigold flower

1.2.4 其他成分

Yang 等^[21]在万寿菊花中发现了丁香酸(20)、甘露醇(21)和尿嘧啶(22)等成分(见图6)。此外含有一些皂苷类成分,包括金盏花皂苷 A~D^[22]。Huang 等^[23,24]人在万寿菊花的乙醇提取物中分离得到一种新的丁香酸葡萄糖苷成分:3,4-二丁香酸- α -葡萄糖(23)和3,4-二丁香酸- β -葡萄糖(24); Huang^[25]还分离出正三十四烷、 β 香树脂醇(25)、 β -谷甾醇(26)、Vitamin E α 、豆甾醇(27)、乌发醇(28)、没食子酸(29)、亚油酸甘油单酯等成分。日本研究学者^[26]在万寿菊花中发现了三个新的离子

异构产物的分析,得到了全反式叶黄素和全反式玉米黄质。

1.2.3 黄酮类成分

万寿菊花中除类胡萝卜素类主要有效成分外,还有大量的黄酮类成分。Yang 等^[16]对万寿菊花经溶剂提取和硅胶分离得到5个化合物,经鉴定分别为槲皮素(13)(见图5)、万寿菊苷两种黄酮;Gao 等^[17]在万寿菊花中提取得到了木犀草素(14)。Huang 等^[18]对四川西昌产万寿菊花进行化学成分研究,从中分得5个黄酮类化合物,分别为槲皮万寿菊素(15)(quercetagenin)、quercetagenin-7-methylether、槲皮素-3-O-葡萄糖苷(16)、quercetagenin-5-methylether 和 5,7-dimethoxy quercetin。Su^[19]在黑龙江产的万寿菊花中,通过甲醇提取,对提取物通过指纹图谱的方式进行鉴定分析,确定出的黄酮成分有槲皮万寿菊苷、异槲皮素苷(17)、槲皮万寿菊素、万寿菊素(18)。Guinot^[20]在万寿菊花中分离鉴定出三个黄酮成分,分别为万寿菊苷、万寿菊素和槲皮万寿菊素-7-O-葡萄糖苷(19)。

酮化合物(30~32)。

1.3 茎叶成分

1.3.1 挥发油成分

万寿菊叶中的挥发油成分复杂,主要组成为萜类化合物。Li 等^[27]采用气相色谱-质谱法对其提取得到的精油进行成分鉴定,鉴定出的29种化合物中,主要成分有异松油烯(37.02%)、2-异丙基-5-甲基-3-环己烯-1-酮(14.08%)、柠檬烯(13.08%)、 β -罗勒烯(8.78%)、石竹烯(4.18%)等。

1.3.2 黄酮成分

万寿菊茎叶中含有多种黄酮成分。Zhang 等^[28]

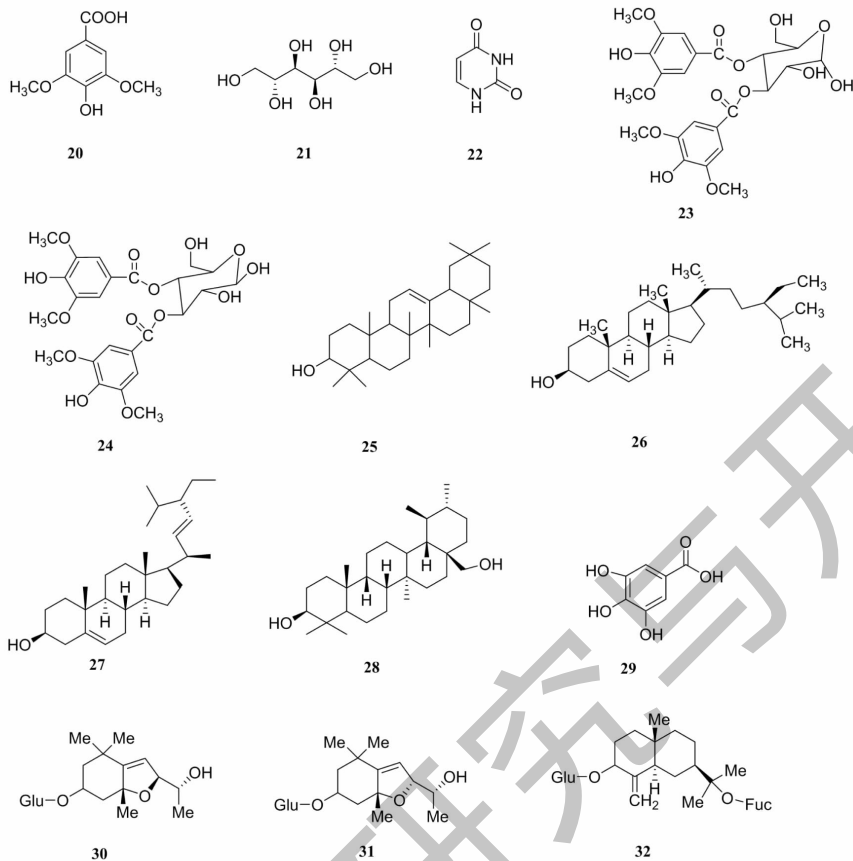


图6 万寿菊花中其他主要化合物结构

Fig. 6 Structures of other major compounds in marigold flower

对万寿菊茎叶用乙醇提取后经树脂和硅胶柱色谱等方法,分离得到6个化合物,其中3个为黄酮类成分,分别为4'-甲氧基-泽兰素-3-O-葡萄糖苷、山柰酚-3,7-O- α -L-双鼠李糖苷、芦丁。还有研究发现万寿菊茎叶的甲醇提取物中含有酰化万寿菊黄素糖苷,具体成分为万寿菊黄素-7-O-(6-O-咖啡酰- β -D-吡喃葡萄糖苷)、万寿菊黄素-7-O-(6-O- β -咖啡酰-D-吡喃葡萄糖苷)、万寿菊黄素-7-O-(6-O-没食子酰- β -D-吡喃葡萄糖苷)^[29]。Ding^[30]在万寿菊花中分离得到两个黄酮类化合物晶体,经结构鉴定为万寿菊素和槲皮万寿菊素。

1.3.3 噻吩类成分及其他成分

α -三联噻吩不仅在万寿菊根中存在,万寿菊茎中也有存在^[31]。Wang等^[32]采用荧光分光光度法测定了万寿菊根茎叶中的 α -三联噻吩含量,其中茎中含量为62.17 $\mu\text{g/g}$ 。Zhang^[28]在万寿菊茎叶中分离得到了 β -谷甾醇、胡萝卜苷和没食子酸成分。

2 生理活性

2.1 挥发油的作用

2.1.1 抗焦虑和抑郁作用

万寿菊的挥发油成分多为复杂的疏水烯萜衍生物,有研究表明万寿菊挥发油在体内、体外实验中表现出一致的负性调节GABA能的作用,从而起到抑制焦虑和抑郁的作用^[33]。

2.1.2 抑菌杀虫作用

很多精油类产品具有抑菌作用,万寿菊中的挥发油成分也具有该作用。Quan^[34]用微波提取从万寿菊花渣中提取得到挥发油,经试验发现其对大肠杆菌的抑菌效果最好,其次为黑曲霉菌,对酵母菌、金黄色葡萄球菌抑菌作用最小。Ali^[35]在研究中发现,万寿菊精油对埃及伊蚊具有一定的阻咬作用。

2.1.3 其他作用

Laosinwattana^[36]利用水蒸气蒸馏法得到的精油,配制成用于除草剂的乳化剂(EC-EO)。采用培养皿生物测定法,发现能够抑制*E. crus-galli*种子的萌发和幼苗生长活动。还有研究团队发现,从野种提取的精油经过环氧化能抑制一氧化氮(NO)和前列腺素e2(pge2)的产生,从而发挥抗炎作用^[37]。

2.2 叶黄素的作用

叶黄素又称“植物黄体素”,是万寿菊花中应用价值最高的有效成分,它的主要功效集中于眼部疾病^[38]、心血管疾病、癌症和糖尿病^[39]等的防护上,其抗氧化作用是预防多种疾病的主要机理^[40]。Li^[41]通过体外还原能力检测以及自由基清除实验,发现叶黄素和叶黄素酯的还原能力高于同浓度 VE,对羟自由基的半数清除浓度分别为 0.88 和 1.36 mg/100 mL,对超氧自由基的半数清除浓度分别为 1.11 和 1.07 mg/100 mL。

2.2.1 保护视力

人体不能直接合成叶黄素,经食物或膳食补充后,叶黄素在视网膜黄斑中含量最高,能够在黑暗中使视觉功效提高^[42],有利于降低多种慢性病的风险,如年龄相关性黄斑变性、白内障、癌症等^[43]。虽然人们目前对叶黄素保护眼睛和降低眼部疾病的机理还不清楚,但叶黄素的护眼应用已被人们广泛接受。

2.2.2 保护心血管

Ye^[44]在叶黄素对实验高脂家兔的降血脂和抗动脉粥样硬化作用实验中发现,叶黄素高剂量组能够降低家兔血清中总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白(LDL-C)含量,升高血浆一氧化氮(NO)、环磷酸鸟苷(CGMP)含量水平($P < 0.05$),减少血浆内皮素(ET)生成($P < 0.05$),降低动脉粥样硬化病理变化,作用优于或相当洛伐他汀。日本研究人员^[45]经研究和实验发现,叶黄素对手术后的虚血、再回流时引起的组织障碍和动脉硬化等有抑制作用。有研究表明金盏花提取物中的叶黄素可抑制 BALB/c 小鼠乳腺肿瘤的发生^[46],可明显改善高脂血症大鼠的血脂异常、胰岛素敏感性及抗氧化能力,对动脉粥样硬化危险因素有显著的改善作用^[47]。

2.2.3 改善动物肤色和肉质品质

叶黄素作为饲料添加剂应用于饲料中,能够改善动物生长性能和皮肤色泽等。Wang^[48]将万寿菊提取物(主要有效成分叶黄素)加入至肉鸡饲料中进行饲养实验,使肉鸡血清中甘油三酯和低密度脂蛋白胆固醇水平显著降低($P < 0.05$),高密度脂蛋白胆固醇水平显著升高,肉鸡机体抗氧化能力明显提升,增强了肉鸡的免疫性能。Grcevic 等^[49]在万寿菊叶黄素对蛋鸡产蛋量和蛋质量的研究中发现,饲料中添加 2 g/kg 的万寿菊粉时,能够对蛋鸡的生

产具有促进作用,并且使蛋黄叶黄素含量、蛋黄颜色和脂肪酸谱均有显著提高,对人体吸收这些营养很有帮助。叶黄素作为饲料添加剂已被广泛应用。

2.3 黄酮类成分的作用

2.3.1 抑菌作用

黄酮类成分是一类具有广泛生理活性的物质,Liu 等^[50]在黄酮对西瓜枯萎病菌的抑制作用研究中发现,万寿菊根中有 7 种黄酮成分,均对西瓜枯萎病菌菌丝生长有抑制作用。Ding^[22]对分离得到的两种黄酮醇万寿菊素和槲皮万寿菊素进行药理试验,结果表明,这两种黄酮醇均对大白鼠晶体醛糖还原酶具有明显的抑制作用。

2.3.2 抗炎作用

Yasukawa 研究团队^[51]在万寿菊中分离出万寿菊昔和万寿菊素,经过对炎症小鼠模型的实验中,发现口服万寿菊昔和万寿菊素可显著抑制卡拉胶和组胺诱导的足后水肿,而局部应用万寿菊昔和万寿菊素可显著抑制花生四烯酸诱导的耳部水肿,说明这两种黄酮对小鼠急性炎症有抑制作用。Chkhikvishvili 等^[52]在万寿菊花粗提物对 Jurkat T-Cells 抑制效果研究中发现,提取物中的黄酮醇类化合物促进 Jurkat 细胞产生抗炎、抗氧化的白细胞介素-10(IL-10),清除自由基的能力和细胞保护机制的刺激都能增强万寿菊花的抗炎作用。

2.3.3 抗癌作用

有文献报道万寿菊黄酮与很多黄酮一样具有抗癌作用。Zhang^[53]对万寿菊茎叶中的两种黄酮进行了人胃癌细胞 SGC7901 与人肝癌细胞 SMMC7721 的抑制率测定,采用 5-氟尿嘧啶为阳性对照,结果表明,4'-甲氧基-泽兰素-3-O- β -D-葡萄糖苷和山柰酚-3,7-O- α -L-双鼠李糖苷使肿瘤细胞的形态发生了变化,并发生了凋亡。Lu^[54]通过对万寿菊中的槲皮万寿菊素采用 MTT 法进行人肺癌和肝癌细胞的抑制试验,确定槲皮万寿菊素对这两种癌细胞均有很好的生长抑制作用。

2.3.4 其他作用

Pérez-Ortega 等^[55]在研究中发现,在小鼠中使用不同剂量的万寿菊花极性溶剂提取物,能够观察到明显的镇静或抗焦虑现象。提取物中其主要作用的是黄酮类的化学成分。Gao 团队^[56]在对万寿菊中提取到的黄酮类成分进行抗氧化研究,发现黄酮类成分包括槲皮素、6-羟基山柰酚等具有很强的清除自由基能力,抗氧化作用明显。

2.4 噻吩成分的作用

2.4.1 杀虫作用

万寿菊是近年来研究较多的高效杀虫植物之一,万寿菊对昆虫的活性主要体现在蚊幼虫上,其有效成分为 α -三连噻吩,是菊科植物的特征性次生代谢产物^[57],具有触杀作用强、致死率高、且使用浓度低、作用快速等优点,且 α -三连噻吩对埃及伊蚊(*Aedes aegypti*)、伊蚊(*A. atropalpus*)、白纹伊蚊(*A. albopictus*)等均有良好的光活化毒杀作用^[58]。Yang^[59]在大田试验中以单独间作万寿菊、单独施用厚孢轮枝菌、间作万寿菊同时施用厚孢轮枝菌的三个处理方式,综合评价了万寿菊与厚孢轮枝菌联合使用防治烟草根结线虫病的效果,联合使用防效高达68.1%,较单独间作万寿菊的防效提高了25.6%,较单独使用厚孢轮枝菌的防效提高了20.9%。Wang等^[60]发现在光照条件下三联噻吩产生了自由基,破坏了生物膜和生物保护酶系统,从而导致线虫死亡。

2.4.2 保鲜作用

α -三连噻吩对细菌、真菌、藻类及其他微生物均有一定抑制作用,Wang^[61]通过用 α -三联噻吩制备抗菌复合明胶膜,对冷鲜猪肉进行包裹,测定菌落总数明显低于空白组,能够延长冷鲜肉货架期。Liu等^[23]经过含 α -三联噻吩的保鲜剂对圣女果进行保鲜实验发现,含有 α -三连噻吩的保鲜剂保鲜效果优于单一保鲜成分的保鲜剂的保鲜效果。

3 总结与展望

随着万寿菊在我国的种植面积越来越多,已成为很多地区农民脱贫致富的“富贵花”。除花以外,万寿菊植株其他部位的有效成分种类和功效也具有很好的开发前景。万寿菊花中除进行叶黄素的提取利用外,还可以得到很多黄酮类物质,根据文献报道^[52],黄酮类成分是具有多种生理功效的一类活性物质,其抗氧化的能力较强,不论是在饲料领域还是医药保健领域都具有很好的应用前景。万寿菊根中的噻吩成分具有很好的杀虫作用,为天然植物杀虫剂的开发提供了很好的资源。而万寿菊茎叶中的挥发油、黄酮等成分也可以进行综合开发,从而使万寿菊全株都得到充分的利用,提高其应用价值,更好地造福于人类。

参考文献

1 Sui YL, et al. Marigold cultivation technology[J]. Mod Agric (现代化农业), 2014(7):30-31.

2 Chen HB, et al. Chemical constituents of volatile oil from marigold root by gas chromatography-mass spectrometry[J]. Agrochem(农药), 2007, 46:114-115.

3 Kan CG, et al. Determination of alpha-thiophene in marigold by fluorescence spectrophotometry[J]. Guangzhou Chem Ind (广州化工), 2010, 38:122-124.

4 Li GY, et al. A new disubstituted succinate from the roots of *Tagetes erecta*[J]. Acta Pharm Sin(药学学报), 2019, 54:1457-1460.

5 Liu JB. Research on the bacteriostasis active constituent in alkaliod from *Tagetes erecta* root extraction[J]. J Anhui Agri Sci(安徽农业科学) 2007, 35:746-747.

6 Hui RH, et al. Comparative study on volatile chemical constituents in different parts of marigold[J]. Anal Lab(分析试验室), 2009, 28(7):54-57.

7 Igwaran A et al. Chemical constituents, antibacterial and antioxidant properties of the essential oil flower of *Tagetes minuta* grown in Cala community Eastern Cape, South Africa [J]. BMC Complem Altern M, 2017, 17:351.

8 Si H, et al. Preparation and analytical study on essential oil of *Tagetes erecta* [J]. Flav Fragr Cosmet(香料香精化妆品), 2016, 44(1):28-32.

9 Prakash O, et al. Composition of essential oil, concrete, absolute and SPME analysis of *Tagetes patula capitula*[J]. Indus Crop Prod, 2012, 37:195-199.

10 Ling GT. To develop new food additives(Ⅲ): marigold pigments and their physiological functions[J]. Cereals&Oils(粮食与油脂), 2002, 16(12):44-46.

11 Abdel A, et al. Composition of lutein ester regioisomers in marigold flower, dietary supplement, and herbal tea [J]. J Agric Food Chem, 2015, 63:9740-9746.

12 Tsao R, et al. Separation of geometric isomers of native lutein diesters in marigold(*Tagetes erecta* L.) by high-performance liquid chromatography - mass spectrometry [J]. J Chromatogr A, 2004, 1045(1-2):65-70.

13 Kheik F, et al. Isolation and structural elucidation of (13Z, 13'Z, 3R, 3'R, 6'R)-lutein from marigold flowers, kale, and human plasma[J]. J Agr Food Chem, 1999, 47:455-461.

14 Chen ZQ, et al. Study on macroporous resin for separation and purification of zeaxanthin in marigold[J]. J Anhui Agri Sci(安徽农业科学), 2008, 36:396-398.

15 Zhang Y, et al. Preliminary investigation into the separation of lutein and related compounds from marigold flower by C30-HPLC-PDA[J]. Food Sci(食品科学), 2006, 27:424-428.

16 Yang NY, et al. Studies on the chemical constituents of *Tagetes erecta*[J]. J Shenyang Pharm Univ Ed(沈阳药科大学学报), 2003, 20:258-259.

- 17 Gao S, et al. Study on extraction technology of luteolin from marigold flower[J]. J Inner Mongolia Normal Univ; Nat Sci (内蒙古师大学报:自科版), 2012, 41: 644-648.
- 18 Huang S, et al. Chemical constituents from the flowers of *Tagetes erecta* L. [J]. West China J Pharm Sci (华西药学杂志), 2007, 22: 370-373.
- 19 Su R, et al. Fingerprint for methanol extract of *Tagetes erecta* flowers from Heilongjiang Province[J]. Chin Herb Drug (中草药), 2012, 43: 1324-1327.
- 20 Guinot P, et al. Primary flavonoids in marigold dye: extraction, structure and involvement in the dyeing process [J]. Phytochem Anal, 2008, 19(1): 46-51.
- 21 Yang NY, et al. Studies on the chemical constituents of *Tagetes erecta* L [J]. J Shenyang Pharm Univ (沈阳药科大学学报), 2003, 20: 258-259.
- 22 Yoshikawa M, et al. Medicinal Flowers. III. Marigold. (1): hypoglycemic, gastric emptying inhibitory, and gastroprotective principles and new oleanane-type triterpene oligoglycosides, calendasaponins A, B, C, and D, from Egyptian *Calendula officinalis* [J]. Chem Pharm Bull, 2001, 49: 863-870.
- 23 Huang S, et al. New eugenin in marigold [C]. The 8th Natural Organic Chemistry Academic Seminar of Chinese Chemical Society, 2010: 187.
- 24 Zhou XL. New tannin-related compounds from *Tagetes erecta* L. [J]. Chin J Chin Mater Med, 2012, 37: 315-318.
- 25 Huang S. Bioactive compounds studies on the flower of *Tagetes erecta* L. [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University (西南交通大学), 2007.
- 26 Marukami T, et al. Medicinal flowers. IV. Marigold. (2): Structures of new ionone and sesquiterpene glycosides from Egyptian *Calendula officinalis* [J]. Chem & Pharm Bull, 2001, 49: 974-978.
- 27 Li J, et al. Extraction and chemical composition analysis of essential oil from African marigold (*Tagetes erecta* L.) leaves [J]. Food Sci (食品科学), 2010, 31: 359-362.
- 28 Zhang Y, et al. Studies on the chemical constituents from the stem and leaves of *Tagetes erecta* L. [J]. Chin Med Mat (中药材), 2010, 33: 1412-1414.
- 29 Irene P. The acylated marigold glycoside with antioxidant activity in marigold [J]. Int J Tradit Chin Med (国际中医中药杂志), 2006, 28: 103-104.
- 30 Ding Z, et al. Isolation and structure identification of patuletin and quercetagenin [J]. J Guangzhou Med Coll (广州医学院学报), 1990, 18(1): 8-11.
- 31 Liu YY, et al. Study on extracting condition of α -terthienyl from Marigold and fresh-keeping effect [J]. Food Res Dev (食品研究与开发), 2012, 33: 189-193.
- 32 Wang YL, et al. Analysis of α -terthienyl by fluorescence spectrophotometry [J]. J South China Agric Univ (华南农业大学学报), 2005, 26(1): 73-75.
- 33 Chen Y. Anxiety and antidepressant effects of volatile oil from *Tagetes minuta* [J]. Foreign Med: Bot Med (国外医药: 植物药分册), 1999, 14: 126.
- 34 Quan Y. Study on extraction and bacteriostasis of volatile oil from marigold residue [J]. Heilongjiang Sci Tech Inform (黑龙江科技信息), 2012, 16(29): 31.
- 35 Ali A, et al. Chemical composition and biting deterrent activity of essential oil of *Tagetes patula* (marigold) against *Aedes aegypti* [J]. Nat Prod Commun, 2016, 11: 1535-1538.
- 36 Laosinwattana C, et al. Chemical composition and herbicidal action of essential oil from *Tagetes erecta* L. leaves [J]. Ind Crop Prod, 2018, 126: 129-134.
- 37 Veloza LA, et al. Anti-inflammatory effects of the main constituents and epoxides derived from the essential oils obtained from *Tagetes lucida*, *Cymbopogon citratus*, *Lippia alba* and *Eucalyptus citriodora* [J]. J Essent Oil Res, 2013, 25: 186-193.
- 38 Krinsky NI, et al. Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye [J]. Ann Rev Nutr, 2003, 23: 171-201.
- 39 Zhao XQ, et al. Function of lutein and its application in feed [J]. Guangdong Feed (广东饲料), 2016, 25(4): 35-37.
- 40 Li DJ, et al. Comparison on the antioxidant action of lutein and its esters [J]. J Inst Food Sci Tech, 2008, 8(5): 28-32.
- 41 Li D, et al. Comparison of antioxidant effects between lutein ester and lutein [J]. J Chin Inst Food Sci Tech (中国食品学报), 2008, 8(5): 28-32.
- 42 Felix B, et al. Lutein/zeaxanthin for glare protection; 1625395A [P]. 2005-6-8.
- 43 Wang MC, et al. Antioxidant activity, mutagenicity/anti-mutagenicity, and clastogenicity/anti-clastogenicity of lutein from marigold flowers [J]. Food Chem Tox, 2006, 44: 1522-1529.
- 44 Ye ZW, et al. Ultrasonic assisted extraction of lutein from marigold and its anti-atherosclerosis [J]. J Nanyang Inst Tech (南阳理工学院学报), 2016, 8: 119-122.
- 45 Ye ZW, et al. Effects of marigold extract lutein on vascular structure and some biochemical indexes in rabbits [J]. J Tox (毒理学杂志), 2016, 30: 282-285.
- 46 Park JS, et al. Dietary lutein from marigold extract inhibits mammary tumor development in BALB/c mice [J]. J Nutr, 1998, 128: 1650.