

Research Progress of the Chemical Composition and Biological Activities of *Coreopsis tinctoria*

Yiyi Qiu¹, Tong Shu², Qian Wang², Hui Ruan^{1,3,4*}

¹College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang

²Qinghai Institute for Food Control, Xining Qinghai

³Zhejiang Key Laboratory for Agro-Food Processing, Hangzhou Zhejiang

⁴Ningbo Research Institute, Zhejiang University, Ningbo Zhejiang

Email: *andrewhuan@zju.edu.cn

Received: Mar. 25th, 2020; accepted: Apr. 6th, 2020; published: Apr. 13th, 2020

Abstract

Coreopsis tinctoria Nutt., an annual herb, has been grown in the north foot of Kunlun Mountain in Xinjiang province, China. It has received extensive attention from researchers due to its excellent prevention and treatment effect against diseases such as hypertension and hyperlipidemia. This article reviews the studies on *Coreopsis tinctoria* Nutt. from domestic and foreign researchers in recent years based on its chemical composition and main biological activities, and hopes to provide new insights for further investigation.

Keywords

Coreopsis tinctoria Nutt., Chemical Composition, Biological Activities

昆仑雪菊化学成分及生物活性研究现状

邱亦亦¹, 束彤², 王茜², 阮晖^{1,3,4*}

¹浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州

²青海省食品检验检测院, 青海 西宁

³浙江省农产品加工技术研究重点实验室, 浙江 杭州

⁴浙江大学宁波研究院, 浙江 宁波

Email: *andrewhuan@zju.edu.cn

收稿日期: 2020年3月25日; 录用日期: 2020年4月6日; 发布日期: 2020年4月13日

*通讯作者。

摘要

昆仑雪菊为菊科(*Compositae*)金鸡菊属(*Coreopsis*)一年生草本植物,在我国新疆昆仑山北麓一带生长较多,因其对高血压、高血脂等疾病的具有良好的防治效果,受到科研人员的广泛关注和研究。本文从昆仑雪菊的化学成分及主要生物活性出发,综述了近年来国内外学者对昆仑雪菊的研究成果,阐明了昆仑雪菊的研究现状,旨在为昆仑雪菊的后续研究提供基础性的研究资料。

关键词

昆仑雪菊, 化学成分, 生物活性

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

昆仑雪菊为菊科(*Compositae*)金鸡菊属(*Coreopsis*)一年生草本植物,学名两色金鸡菊(*Coreopsis tinctoria*) [1]。昆仑雪菊最早在美国地区被发现,据记载,1823年北美人 Thomas Nuttall 首次对其进行了描述。昆仑雪菊具有特殊芳香气味,其头状花序单生于茎、枝顶端,直径 1~2 cm,由数个花序组成聚伞花丛。花瓣 6~8 枚,外缘呈黄色,基部或中部红褐色,花期在每年 6~9 月。目前,昆仑雪菊广泛分布于中东、东欧、梅州中西部以及中亚等地区,在我国新疆昆仑山北麓一带生长较多[2]。因其生长于常年积雪的高海拔地区因而被称为“雪菊”。《新疆植物志》中记载,其维吾尔语名为“古力恰依”(Gulqai) [3],昆仑雪菊不仅是一种花茶饮料,也被作为防治高血压、高血脂等疾病的民间药物,并因此受到科研人员的广泛关注和研究[4]。研究表明,昆仑雪菊拥有丰富的生物活性,包括降压降脂活性、血管舒张活性、抗炎活性、抗氧化活性、抗癌活性、抗衰活性以及抗菌活性等[5] [6] [7]。

2. 昆仑雪菊主要成分研究进展

早在 1956 年,日本学者 Shimokoriyama [8]就对昆仑雪菊中的色素化学成分进行了研究,但之后关于昆仑雪菊及其化学成分鲜有报道。直到 2006 年左右,国内外关于昆仑雪菊化学成分的研究成果逐渐增多,其中,涉及较多的化学成分主要包括多酚类、皂苷和多糖类、有机酸类、油脂类、聚炔类以及氨基酸成分等。

2.1. 多酚类物质

昆仑雪菊中多酚类物质可分为黄酮类和酚酸类。

昆仑雪菊总黄酮含量很高,达市售杭白菊、贡菊的 2~3 倍,种类也更为丰富。近年来,国内外学者对昆仑雪菊中的黄酮类物质作了大量研究[9],已发现的黄酮类物质种类高达 40 种。包括紫柳查尔酮、奥卡宁、二氢马里苷、2S-7,3',5'-三羟基二氢黄酮等等。其中马里苷和黄诺玛苷含量最高,两者占到黄酮含量 50%以上[10]。特别的,槲皮素-7-O-葡萄糖苷被发现存在于植株的所有部位,达到总黄酮含量的 16.9%。

景玉霞等[11]比较了不同产地的昆仑雪菊顶状花序中黄酮类物质含量,研究发现昆仑雪菊中黄酮含量

与种类还受到雪菊生长环境的影响,造成这种区别的原因可能有:1、生长海拔不同,杜鹃等[12]通过比较产于不同海拔的雪菊的黄酮成分,发现海拔越高,该地区雪菊的总黄酮含量越高;2、土壤肥力不同,雪菊的黄酮含量受到土壤有机质及矿物质含量的影响;3、受到种植技术影响,包括浇水、施肥、打顶等种植方式能够影响总黄酮含量;4、采摘时点不同,花朵刚开放(或未开放)就采摘,与花朵完全开放后采摘,其中的黄酮类物质不仅含量不同,种类也会发生转化和改变。

昆仑雪菊的黄酮类成分是目前该植物最受广泛研究的成分,一般认为,黄酮是其降血脂、降血压、抗肿瘤、护肝等多项药理活性的重要来源。

酚酸类物质也是雪菊多酚的一个重要组成部分。目前,已发现昆仑雪菊中含有5种酚酸类物质。主要为绿原酸、原儿茶酸以及咖啡酸含氧的衍生物。Yang等[10]创新地建立了一种超高效液相色谱-电喷雾离子化-四极飞行时间质谱联用技术(UPLC-ESI-QTOF-MS),快速分离了雪菊中的四种酚酸类物质,分别为绿原酸、1,3-二咖啡酰奎宁酸、3,5-二咖啡酰奎宁酸以及3,4-二咖啡酰奎宁酸儿茶酸。

2.2. 挥发油与脂肪酸

植物挥发油的主要成分为萜类、醛、酮、醇和芳香族衍生物[13]。昆仑雪菊中,多数挥发性成分集中于雪菊的头状花序,叶片部位次之,茎的挥发性成分种类少、含量低。因此研究一般集中于昆仑雪菊的花冠部分[14]。

通过GC-MS,昆仑雪菊挥发油中的具体成分陆续被检测到[15]。2012年,Gaspar等[16]用水和有机溶剂萃取了昆仑雪菊顶状花序,并使用顶空固相微萃取法收集了其中的挥发性化合物方法。利用GC-MS鉴定出16种挥发性化合物,其中有1个醛,13个单萜和2个倍半萜。同时,受到挥发物不同物理化学性质的影响,不同溶剂的萃取物中,挥发油的成分也有所不同。在完全开放的昆仑雪菊花朵的水提取物中, α -蒎烯与反式香芹酚的含量高达45.2%和28.6%;而在昆仑雪菊的氯仿/甲醇提取物中,则含有35.3%的香芹酮和34.8%顺式香芹酚,两者占到挥发物的70%,同时,另外一些单萜类物质如 β -芳樟醇、 β -松油醇、 α -侧柏酮、柠檬烯等也在氯仿/甲醇提取物中被检测到。

不过,上述实验中对雪菊中挥发物的定量尚不够精确,此后关于昆仑雪菊中挥发油的成分及其含量又出现更多可参考的数据,Yao等[17]通过水蒸气法提取昆仑雪菊顶状花序,得到密度为0.8874 g/mL的精油,并按精油中不同成分在HP-5MS非极性柱上的洗脱顺序共鉴定出70种化合物,占总油量的81.87%。包括柠檬烯(33.13%)、 α -蒎烯(3.35%)、左旋香芹酮(3.93%)和十二酸(2.26%)等。多组数据表明[18][19],根据提取方法及昆仑雪菊所产地理位置的差异,挥发油的成分与比例不尽相同,但柠檬烯在昆仑雪菊顶状花序中含量丰富,可作为其挥发油检测的标志成分。且挥发物中柠檬烯以及 α -蒎烯被广泛报道具有良好的抗菌性能。

昆仑雪菊的顶状花序中约含有20种脂肪酸[20],不饱和脂肪酸的含量达70%左右,其中肉豆蔻酸含量最高,达到总脂肪酸含量的29.6%。这些脂肪酸具有良好抗菌的作用,例如脂肪酸中的月桂酸能够有效抑制革兰氏阳性菌。总之,昆仑雪菊中含量颇丰的烯萜类物质及长链不饱和脂肪酸等为其抗菌性能提供良好的支持。

2.3. 皂苷和多糖

皂苷是一类苷元为三萜或者螺旋甾烷类化合物的糖苷,广泛存在于植物界,拥有十分广泛的生物活性,然而关于昆仑雪菊中皂苷的深入研究报道十分有限。张彦丽等[21]运用紫外分光光度法测定了昆仑山区域昆仑雪菊的皂苷含量,测得其总皂苷含量为8.36%。目前,对昆仑雪菊多糖的研究报道相对较少。邵理等[22]优化了昆仑雪菊多糖,其最优得率为9.85%。另一项试验中,使用了苯酚-硫酸法,测得样本多

糖含量为 13.86% [23]。

2.4. 聚炔类

聚炔类物质常见于伞形科、五加科和菊科等植物中，是由多个烯基、炔基组成的链状共轭体系[24]。至今，已从昆仑雪菊的头状花序中分离得到 6 种聚炔类，并分别被命名为金鸡菊苷 A-F [25] [26]。研究发现，金鸡菊苷 A-F 拥有抗炎[26]、抗脂肪生成[27]以及抗菌[28]等多种生物活性。

2.5. 其他化学成分

研究表明，昆仑雪菊中含有钠、钾、钙、镁、锌、铜、镍、铬、铁、硒等丰富的矿物质元素[29]。另外，昆仑雪菊中含有 17 种氨基酸，其中包括 8 种必需氨基酸，且酸、甜以及鲜味氨基酸是苦味氨基酸的 2.5 倍[30] [31]。除上述主要化学成分外，昆仑雪菊还含有其他有机酸、生物碱、蒽醌类以及茱萸类化合物等成分[32]。

3. 昆仑雪菊的主要生物活性

3.1. 降血脂

脂代谢异常已经被研究证实是诱发冠心病的主要原因[33]，因此，对脂代谢异常的治疗成为研究的热点。近年来，不少研究发现，昆仑雪菊具有调节脂质代谢、降低血脂的功效。

昆仑雪菊中的聚炔类物质表现出一定的降脂功效，从昆仑雪菊中分离得到的线性聚炔葡萄糖苷金鸡菊苷 A 和金鸡菊苷 E 能在不影响 3T3-L1 脂肪细胞增殖的情况下显著抑制细胞内的脂肪蓄积[27]。

Liang 等[34]发现昆仑雪菊水提物能够显著降低高脂血症小鼠体内的血脂水平和氧化应激，其主要成分圣草酚 7-O- β -D 吡喃葡萄糖苷能在细胞实验中显著抑制甘油三酸酯水平的升高并抑制脂质过氧化，并抑制二硫键异构酶 A3 前体和脂肪酸合酶的蛋白质表达，从而抑制游离脂肪酸诱导的脂肪形成。谢桂林等[35]研究了昆仑雪菊黄酮对脂变肝细胞胆固醇合成的影响，结果发现昆仑雪菊黄酮能够显著减少细胞内脂滴的积累和胆固醇的含量，并能使 HMG-CoA 还原酶的 mRNA 和蛋白质表达水平下调，抑制了 HMG-CoA 还原酶的活性。在一项动物实验中，研究发现昆仑雪菊类黄酮物质能够通过下调脂肪分化相关蛋白从而显著降低高脂血症小鼠血清和肝脏的总胆固醇和甘油三酯含量[36]。特别的，和常用的降脂药物非诺贝特相比，雪菊类黄酮不会造成谷丙转氨酶、谷草转氨酶和碱性磷酸酶水平的上升，对肝功能没有影响[36]。

总而言之，雪菊中的黄酮、类黄酮以及聚炔类物质能够通过抑制胆固醇合成关键酶、抑制脂肪生成、下调脂肪分化相关蛋白等多个方面起到调节脂代谢、降血脂功效。

3.2. 降血糖

研究表明，昆仑雪菊的不同溶剂提取物表现出良好的降血糖活性，其中丰富的黄酮类物质可能起到了主要作用。

近来，一些文献报道了昆仑雪菊提取物 α -葡萄糖苷酶具有显著抑制作用。张燕等[37]研究了昆仑雪菊不同溶剂提取物对 α -葡萄糖苷酶的体外抑制活性。结果显示，5 种提取物中的 4 种具有该抑制活性。其中，主要成分为中性黄酮的正丁醇提取物抑制效果最强，抑制率达 87.26%。在另一相似研究中，研究人员发现用不同方法提取得到的 5 种昆仑雪菊提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制活性均强于阿卡波糖，其中乙醇提取物的半抑制浓度最小，为 28.2 mg/L (阿卡波糖的半抑制浓度为 747.6 mg/L) [38]。

Jiang 等[39]用昆仑雪菊水提液干预高脂饮食大鼠，并研究了其的代谢组学特征，发现昆仑雪菊水提

物能够有效抑制葡萄糖-6-磷酸酶和磷酸烯醇丙酮酸羧激酶的表达,并调节柠檬酸循环关键酶(柠檬酸合酶,琥珀酸脱氢酶复合物,亚基 A,黄素蛋白和二氢脂酰胺 S-琥珀酰转移酶)的 mRNA 或蛋白质水平,从而显著降低大鼠的胰岛素抗性和改善体内的葡萄糖稳态。

Dias 等[40]发现昆仑雪菊乙酸乙酯提取物能够有效治愈大鼠的葡萄糖不耐受症状,并降低血浆脂肪酶水平,且不影响正常大鼠的葡萄糖稳态和胰腺功能。这表明,该提取物很有可能是通过促进胰腺细胞功能恢复发挥降血糖功效。

上述实验表明,昆仑雪菊的多种提取物均拥有优异的降血糖活性,其作用机理主要与抑制 α -葡萄糖苷酶活性[38]、调节糖代谢关键酶[39]、恢复胰腺功能[40]相关。不过,目前的报道对提取物中发挥作用的主要物质及其作用的具体机理并不十分明确,有待科研人员进一步研究。

3.3. 降血压

昆仑雪菊被认为拥有一定的降血压活性。近来,有研究表明,昆仑雪菊的降血压功效可能是调节钙离子流动、减少氧化应激和调节肾上腺血管紧张素系统实现的。槲皮素、木犀草素、花旗松素以及 $\alpha,3,2'$ -三羟基-4'-O- β -D-吡喃葡萄糖查耳酮被认为可能是雪菊中发挥降血压作用的主要有效成分。

梁淑红等[41]研究发现,昆仑雪菊提取物对静息及收缩状态下的大鼠离体胸主动脉血管环均有舒张作用,且该作用并不通过内皮发挥作用,而极有可能是通过减少 Ca^{2+} 的流入和释放细胞内 Ca^{2+} 实现的[42]。通过构效关系研究,两种多羟基黄酮类物质木犀草素和槲皮素被认为是主要活性物质[42]。在另一研究中,研究人员发现从昆仑雪菊中分离得到了 $\alpha,3,2'$ -三羟基-4'-O- β -D-吡喃葡萄糖查耳酮和花旗松素,并发现这两种物质能有效抑制血管紧张素 I-转换酶的活性[6]。

另一研究表明,昆仑雪菊提取物不仅能降低 SHR 大鼠的血压和血管紧张素 II 的水平,还能显著改善大鼠心室肥厚的情况,降低血浆内皮素的含量,提高降钙素基因相关蛋白的含量[7]。

3.4. 抗氧化

王家妮等[43]使用响应面法优化了昆仑雪菊总黄酮的提取率,并通过测得最优条件获得的总黄酮的 DPPH 清除和铁离子还原的半抑制浓度为 $82.40 \pm 1.98 \mu\text{g/mL}$ 和 $137.98 \pm 1.56 \mu\text{g/mL}$ 。

昆仑雪菊 50%乙醇提取物展现出优异的抗氧化活性,在一定浓度下,昆仑雪菊提取物和 0.2 g/L~1.0 g/L 的抗坏血酸表现出相同的羟基、超氧化物阴离子和 DPPH 抗氧化能力[44]。在一体内实验中,昆仑雪菊提取物被发现能够显著提高高血压小鼠肝脏和血清 SOD 以及肝脏谷胱甘肽过氧化物酶含量($p < 0.01$),增强肝脏的总抗氧化能力[45]。另一体内研究发现,大鼠服用昆仑雪菊提取物后血液中含量较高的物质奥卡宁和异奥卡宁表现出极强的 DPPH 自由基清除能力,并且在细胞中也有良好抗氧化能力[5]。除此之外,有研究发现,昆仑雪菊中的部分黄酮类物质如紫柳因、金鸡菊素、黄杉素等发挥了一定的协同抗氧化作用[46]。

上述结果都表明,昆仑雪菊拥有较强的抗氧化能力。

3.5. 抗菌

昆仑雪菊中的挥发油、聚炔类物质、黄酮类化合物以及酪蛋白等均被报道具有一定的抑菌作用。利用水蒸气蒸馏法提取得到的昆仑雪菊挥发油对临床上常见的条件致病菌新生隐球菌有一定抑制作用,昆仑雪菊挥发油对隐球菌的最小抑菌浓度为 $0.781 \mu\text{L/mL}$ [47]。该挥发油能够剂量依赖的抑制隐球菌的生物量和芽管萌发,并通过减少细胞膜中麦角固醇的合成改变新生隐球菌的细胞膜通透性[47]。Yao 等[17]研究了昆仑雪菊精油对志贺氏菌、乳链球菌、沙门氏菌以及大肠杆菌的抑菌作用,发现昆仑雪菊精油对他

们都有一定抑制作用,且对大肠杆菌抑制作用最强。

Jia 等[28]从昆仑雪菊中分离得到金鸡菊苷 E 和 F,并发现金鸡菊苷 E 对金黄色葡萄球菌和炭疽杆菌有较强抑制作用,其最小抑菌浓度分别为 $27 \pm 0.27 \mu\text{M}$ 和 $18 \pm 0.40 \mu\text{M}$,而金鸡菊苷 B 和 F 对上述两菌抑菌作用较弱。

昆仑雪菊中的黄酮类化合物和酪蛋白也表现出一定的抗菌功效。昆仑雪菊总黄酮对酵母菌、金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、枯草芽孢杆菌、青霉以及曲霉都拥有较低的 MIC 值[48]。Begmatov 等[49]分析了昆仑雪菊的化学成分,发现其中异黄酮醇、柚皮苷、酪蛋白、紫柳素以及 7,3',4'-三羟基黄酮对大肠杆菌有一定的抑制作用,柚皮苷、海生菊苷、酪蛋白、紫柳素以及槲皮万寿菊素 7-O- β -D-葡萄糖苷对金黄色葡萄球菌有一定抑制作用,其中海生菊苷对金黄色葡萄球菌的抑菌圈和氨苄青霉素钠相当。

3.6. 抗凝血

除了上述功效外,昆仑雪菊还展现出抗凝血活性。明婷等[50]利用昆仑雪菊醇提物给小鼠灌胃,发现该提取物能够增强小鼠耳廓微循环,延长小鼠出血时间和凝血时间,有效抑制内源性和外源性凝血途径。Liu 等[51]在体外试验中,采用毛细管区带电泳法(CZE)对昆仑雪菊提取物与凝血酶进行分离,发现昆仑雪菊中的两种糖苷能够与凝血酶相互作用,使得峰宽度增加,表明其有一定的抗凝血活性。

4. 结论与展望

在传统医学中,昆仑雪菊被广泛应用于多种疾病的治疗。现有的研究表明,昆仑雪菊含有包括多酚类、皂苷和多糖类、有机酸类、油脂类、聚炔类以及氨基酸在内的多种生物活性成分,拥有降血脂、降血压、降血糖、抗氧化、抗菌等多种功效。其中多酚类尤其是黄酮类物质被证明和多种生物活性相关。然而,目前关于昆仑雪菊生理活性的研究仍较初步,涉及昆仑雪菊中单体成分的研究较少,对生理活性发挥机制的研究仍不深入,对活性成分和生理功效的构效关系的研究缺乏。本综述总结的数据和结果不仅展示了昆仑雪菊丰富的生物活性以及广阔的应用前景,也促使我们认识到对昆仑雪菊进行深入分子生物学研究的重要意义。

基金项目

浙江省科技计划(2017C26004),青海省科技计划(2017-ZJ-Y06),西宁市科技计划(2019-Y-09)。

参考文献

- [1] Crawford, D.J. and Smith, E.B. (1985) Leaf Flavonoid Chemistry and Taxonomy of *Coreopsis* Sect. *Coreopsis*. *Biochemical Systematics and Ecology*, **13**, 115-118. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(85\)90068-7](https://doi.org/10.1016/0305-1978(85)90068-7)
- [2] Smith, S.M. and Deng, Z. (2012) Pollen-Mediated Gene Flow from *Coreopsis tinctoria* to *Coreopsis leavenworthii*: Inheritance of Morphological Markers and Determination of Gene Flow Rates as Affected by Separation Distances. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, **137**, 173-179. <https://doi.org/10.21273/JASHS.137.3.173>
- [3] 新疆植物志编辑委员会. 新疆植物志[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999.
- [4] Guo, L., Zhang, W., Li, S. and Ho, C.T. (2015) Chemical and Nutraceutical Properties of *Coreopsis tinctoria*. *Journal of Functional Foods*, **13**, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.11.011>
- [5] Ma, Z., Zheng, S., Han, H., Meng, J., Yang, X., Zeng, S., Zhou, H. and Jiang, H. (2016) The Bioactive Components of *Coreopsis tinctoria* (Asteraceae) Capitula: Antioxidant Activity *in Vitro* and Profile in Rat Plasma. *Journal of Functional Foods*, **20**, 575-586. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.11.023>
- [6] 卢伟, 兰怡, 李琳琳, 骆新, 靳春丽, 陶义存, 毛新民. 两色金鸡菊醇提物对自发性高血压大鼠血压和血浆 ET, Ang II, CGRP 的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(5): 149-153.
- [7] Wang, W., Chen, W., Yang, Y., Liu, T., Yang, H. and Xin, Z. (2015) New Phenolic Compounds from *Coreopsis tinctoria* Nutt. and Their Antioxidant and Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Activities. *Journal of Agricultural*

- and Food Chemistry, **63**, 200-207. <https://doi.org/10.1021/jf504289g>
- [8] Shimokoriyama, M. (1957) Anthochlor Pigments of *Coreopsis tinctoria*. *Journal of the American Chemical Society*, **79**, 214-220. <https://doi.org/10.1021/ja01558a057>
- [9] Abdureyim, A., Abliz, M., Sultan, A. and Eshbakova, K. (2013) Phenolic Compounds from the Flowers of *Coreopsis tinctoria*. *Chemistry of Natural Compounds*, **48**, 1085-1086. <https://doi.org/10.1007/s10600-013-0473-8>
- [10] Yang, Y., Sun, X., Liu, J., Kang, L., Chen, S., Ma, B. and Guo, B. (2016) Quantitative and Qualitative Analysis of Flavonoids and Phenolic Acids in Snow Chrysanthemum (*Coreopsis tinctoria* Nutt.) by HPLC-DAD and UPLC-ESI-QTOF-MS. *Molecules*, **21**, 1307. <https://doi.org/10.3390/molecules21101307>
- [11] 景玉霞, 兰卫. 不同产地昆仑雪菊总黄酮含量测定[J]. 新疆中医药, 2012(5): 66-68.
- [12] 杜鹃, 吴忠红. 高效液相色谱法测定不同产地的昆仑雪菊中绿原酸和芦丁含量比较研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2015, 36(2): 71-73.
- [13] 沈维治, 邹宇晓, 刘凡, 施英, 廖森泰. 顶空固相微萃取气质联用分析比较雪菊与市售菊花的挥发性成分[J]. 热带作物学报, 2013(4): 186-91.
- [14] 陈凌霄, 张帅, 胡德俊, 李绍平, 赵静. 顶空-气相色谱/质谱联用分析比较雪菊不同产地和部位的挥发性成分[J]. 药物分析杂志, 2018, 38(2): 251-5.
- [15] 张彦丽, 阿依吐伦斯马义. GC-MS 对昆仑雪菊挥发油成分的研究[J]. 新疆医科大学学报, 2010, 33(11): 1299-300.
- [16] Gaspar, L., Oliveira, A.P., Silva, L.R. andrade, P.B., Pinho, P.G.d., Botelho, J. and Valentão, P. (2012) Metabolic and Biological Prospecting of *Coreopsis tinctoria*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, **22**, 350-358. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2011005000224>
- [17] Yao, X., Wang, X., Gu, C., Zeng, H., Chen, W. and Tang, H. (2016) Chemical Composition, N-Nitrosamine Inhibition and Antioxidant and Antimicrobial Properties of Essential Oil from *Coreopsis tinctoria* Flowering Tops. *Natural Product Research*, **30**, 1170-1173. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1041943>
- [18] Wang, T., Xi, M., Guo, Q., Wang, L. and Shen, Z. (2015) Chemical Components and Antioxidant Activity of Volatile Oil of a Compositae Tea (*Coreopsis tinctoria* Nutt.) from Mt. Kunlun. *Industrial Crops & Product*, **67**, 318-323. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.043>
- [19] 王波, 曾瑜, 罗咏彬, 刘倩. 昆仑雪菊挥发物 GC-MS 分析[J]. 广州化学, 2016, 41(3): 6-10.
- [20] Qian, Z., Cao, X., Zhou, X., Liu, H. and Wang, J. (2013) Analysis of Fatty Acids in *Coreopsis tinctoria* by GC-MS. *Medicinal Plant*, **4**, 43.
- [21] 张彦丽, 韩艳春, 阿依吐伦斯马义. 分光光度法测定维吾尔药昆仑雪菊中总皂苷的含量[J]. 西北药学杂志, 2011, 26(2): 87-88.
- [22] 邵理, 詹萍, 田洪磊. 响应面法优化新疆昆仑雪菊多糖提取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(21): 233-237.
- [23] 张彦丽, 阿布都热合曼合力力, 阿依吐伦斯马义. 苯酚-硫酸法测定维吾尔药昆仑雪菊多糖含量的研究[J]. 药物分析杂志, 2010, 30(11): 2205-2207.
- [24] Christensen, L.P. and Lam, J. (1990) Acetylenes and Related Compounds in Cynareae. *Phytochemistry*, **29**, 2753-2785. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)87075-6](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)87075-6)
- [25] Liu, Y., Du, D., Liang, Y., Xin, G., Huang, B.-Z. and Huang, W. (2015) Novel Polyacetylenes from *Coreopsis tinctoria* Nutt. *Journal of Asian Natural Products Research*, **17**, 744-749. <https://doi.org/10.1080/10286020.2014.996138>
- [26] Zhang, Y., Shi, S., Zhao, M., Chai, X. and Tu, P. (2013) Coreosides A-D, C14-polyacetylene Glycosides from the Capitula of *Coreopsis tinctoria* and Its Anti-Inflammatory Activity against COX-2. *Fitoterapia*, **87**, 93-97. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2013.03.024>
- [27] Du, D., Jin, T., Xing, Z.-H., Hu, L.-Q., Long, D., Li, S.-F. and Gong, M. (2016) One New Linear C-14 Polyacetylene Glucoside with Antiadipogenic Activities on 3T3-L1 Cells from the Capitula of *Coreopsis tinctoria*. *Journal of Asian Natural Products Research*, **18**, 784-790. <https://doi.org/10.1080/10286020.2016.1157077>
- [28] Guo, J., Wang, A., Yang, K., Ding, H., Hu, Y., Yang, Y., Huang, S., Xu, J., Liu, T. and Yang, H. (2017) Isolation, Characterization and Antimicrobial Activities of Polyacetylene Glycosides from *Coreopsis tinctoria* Nutt. *Phytochemistry*, **136**, 65-69. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2016.12.023>
- [29] 符继红, 史岷山. 新疆昆仑雪菊中微量元素的测定及溶出性研究[J]. 食品科技, 2013, 38(10): 297-300.
- [30] 远辉, 孙蕾, 杨文菊. 新疆不同产地雪菊中氨基酸的测定及分析[J]. 食品科技, 2015, 40(7): 331-334.
- [31] 木合布力阿布力孜, 张兰, 张敏. 昆仑雪菊中氨基酸的含量分析[J]. 医药导报, 2011, 30(4): 431-432.
- [32] 木合布力阿布力孜, 张燕, 景兆均, 毛新民. 新疆昆仑雪菊化学成分的初步定性研究[J]. 新疆医科大学学报,

2010, 33(6): 628-630.

- [33] 王梓霏, 许松姬, 宋春梅. 昆仑雪菊化学成分及药理研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2017, 38(3): 209-212.
- [34] Liang, Y., Niu, H., Ma, L., Du, D., Wen, L., Xia, Q. and Huang, W. (2017) Eriodictyol 7-O- β -D Glucopyranoside from *Coreopsis tinctoria* Nutt. Ameliorates Lipid Disorders via Protecting Mitochondrial Function and Suppressing Lipogenesis. *Molecular Medicine Reports*, **16**, 1298-1306. <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.6743>
- [35] 谢贵林, 李雅丽, 刘江云, 陈新梅. 雪菊对胆固醇合成的影响及分子机制研究[J]. 新中医, 2015, 47(4): 269-272.
- [36] Li, Y., Chen, X., Xue, J., Liu, J., Chen, X. and Wulasihan, M. (2014) Flavonoids from *Coreopsis tinctoria* Adjust Lipid Metabolism in Hyperlipidemia Animals by Down-Regulating Adipose Differentiation-Related Protein. *Lipids in Health and Disease*, **13**, 193. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-13-193>
- [37] 张燕, 李琳琳, 木合布力阿布力孜, 王丽凤, 景兆均, 毛新民. 新疆昆仑雪菊 5 种提取物对 α -葡萄糖苷酶活性的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(7): 166-169.
- [38] 张淑鹏, 李琳琳, 木合布力阿布力孜, 王丽凤, 景兆均, 毛新民. 昆仑雪菊提取物对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用[J]. 现代生物医学进展, 2011, 11(6): 1055-1058.
- [39] Jiang, B.P., Le, L., Wan, W.T., Zhai, W., Hu, K.P., Xu, L.J. and Xiao, P.G. (2015) The Flower Tea *Coreopsis tinctoria* Increases Insulin Sensitivity and Regulates Hepatic Metabolism in Rats Fed a High-Fat Diet. *Endocrinology*, **156**, 2006-2018. <https://doi.org/10.1210/en.2015-1015>
- [40] Dias, T., Bronze, M.R., Houghton, P.J., Mota-Filipe, H. and Paulo, A. (2010) The Flavonoid-Rich Fraction of *Coreopsis tinctoria* Promotes Glucose Tolerance Regain through Pancreatic Function Recovery in Streptozotocin-Induced Glucose-Intolerant Rats. *Journal of Ethnopharmacology*, **132**, 483-490. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.08.048>
- [41] 梁淑红, 哈木拉提, 庞市宾, 孙玉华. 金鸡菊提取物降血压化学成分实验研究[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(7): 1619-1621.
- [42] Sun, Y.H., Zhao, J., Jin, H.T., Cao, Y., Ming, T., Zhang, L.L., Hu, M.Y., Hamlati, H., Pang, S.B. and Ma, X.P. (2013) Vasorelaxant Effects of the Extracts and Some Flavonoids from the Buds of *Coreopsis tinctoria*. *Pharmaceutical Biology*, **51**, 1158-1164. <https://doi.org/10.3109/13880209.2013.782320>
- [43] 王家妮, 明建, 田勇, 王荣杰, 李福香. 昆仑雪菊茶总黄酮提取及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2018, 34(9): 162-166.
- [44] 曹燕, 庞市宾, 徐磊, 范玉东, 明婷, 孙玉华. 金鸡菊提取物体外抗氧化活性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(12): 144-147.
- [45] 明婷, 孙玉华, 胡梦颖, 哈木拉提, 庞市宾, 刘晓燕, 张兰兰, 靳洪涛. 金鸡菊提取物降压及体内抗氧化作用的研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(10): 249-252.
- [46] 丁豪, 杨海燕, 辛志宏. 昆仑雪菊黄酮类化合物的抗氧化相互作用研究[J]. 食品科学, 2015, 36(21): 26-32.
- [47] 张艳梅, 丰子凯, 曾红. 昆仑雪菊挥发油化学成分及对新生隐球菌抗菌作用[J]. 微生物学通报, 2016, 43(6): 1304-1314.
- [48] 康宏玲, 杨玉红, 康宗利. 昆仑雪菊总黄酮的提取及抑菌和抗氧化分析[J]. 食品科技, 2018, 43(6): 236-241.
- [49] Begmatov, N., Li, J., Bobakulov, K., Numonov, S. and Aisa, H.A. (2018) The Chemical Components of *Coreopsis tinctoria* Nutt. and Their Antioxidant, Antidiabetic and Antibacterial Activities. *Natural Product Research*, **3**, 1-5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1525377>
- [50] 明婷, 庞市宾, 哈木拉提, 刘晓燕, 胡梦颖, 孙玉华. 金鸡菊提取物对微循环及抗凝血作用的实验研究[J]. 农垦医学, 2012, 34(1): 17-19.
- [51] Liu, Y., Zhang, Y., Liu, X.M., Ling, X.M., Peng-Fei, T.U. and Cui, J.R. (2006) Interactions between Thrombin and Natural Products of *Coreopsis tinctoria* Nutt. and *Cistanche deserticola* Ma. in Capillary Zone Electrophoresis. *Journal of Chinese Pharmaceutical Sciences*, **15**, 38-44.