

线叶金雀花的研究进展*

马 青, 唐民科**

(北京中医药大学中药学院 北京 102488)

摘 要:线叶金雀花 *Aspalathus linearis* (Barm.f.) R. Dahlgren 为南非特有植物, 现代研究表明其叶与小枝富含多酚类物质以及特有黄酮类成分 aspalathin 和 nothofagin, 具有改善氧化应激及炎症反应损伤、降低血糖、保护肝脏、抗肿瘤以及抗诱变等多方面的药理作用。本文对线叶金雀花的研究进展进行了综述, 为进一步研究开发提供参考。

关键词:线叶金雀花 活性成分 药理作用 综述

doi: 10.11842/wst.2018.06.027

中图分类号: R961.1

文献标识码: A

豆科植物线叶金雀花 *Aspalathus linearis* (Barm.f.) R. Dahlgren 为南非西开普顿地区特有植物, 又称 Rooibos, 其干燥叶与小枝作为饮料植物或药用在国外已有 300 多年的历史^[1]。因其口感清甜可口, 零咖啡因, 少鞣质以及富含抗氧化剂, 在当地深受喜爱, 临床也用于轻度抑郁症、动脉粥样硬化症、高血压以及糖尿病等疾病的治疗。近年来, 随着线叶金雀花对于健康和防治慢性疾病的作用逐渐被阐明, 其越来越受到世人的青睐。本文对其研究状况进行了综述, 以为其开发利用提供参考。

1 化学成分

线叶金雀花中富含酚酸类及黄酮类化学成分。其中酚酸类成分中 4 种为羟基苯甲酸类, 包括 4-羟基苯甲酸、原儿茶酸、香草酸以及丁香酸, 4 种为苯丙酸类, 包括对羟基桂皮酸、咖啡酸、阿魏酸以及 4-羟基-3,5-二甲氧基桂皮酸^[2]。黄酮类成分包括槲皮素、芦丁、异槲皮苷、东方蓼黄素、异东方蓼黄素、木犀草素、牡荆素、异牡荆素、金圣草素、aspalathin 和 nothofagin 等^[3]。一般认为, 酚酸类成分是抗微生物、保肝、抗氧化等功

能的重要物质基础。黄酮类成分对抗氧化应激、解痉、抗病毒等作用具有重要意义。值得一提的是, 线叶金雀花中含有自然界中少见的碳-碳联结的双氢查尔酮苷成分: aspalathin 和 nothofagin, 其是抗氧化活性的主要物质基础, 并作为线叶金雀花质量控制的指标^[4]。

2 药理作用

2.1 自由基清除及抗氧化作用

过量的活性氧 (reactive oxygen species, ROS) 或自由基会影响机体的抗氧化防御系统, 氧化性损伤产物积累, 引发多种神经退行性疾病。线叶金雀花由于含有较大比例的多酚及黄酮类化合物, 所以可能是抗氧化剂的良好来源。Kroyer G T. 通过 folin-ciocalteu 试剂法及 DPPH 自由基清除法比较线叶金雀花与绿茶水提取液的总多酚含量及清除自由基的能力。结果发现, 线叶金雀花水提取液的总多酚含量 ($315 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 显著高于绿茶水提取液 ($209 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), 自由基清除率半数有效剂量 EC_{50} ($138 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$) 显著高于绿茶水提取液的 EC_{50} ($424 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$), 表明线叶金雀花具有高含量的总多酚和显著的抗氧化及自由基清除能力, 可以作为天然食品抗氧化添加剂^[5]。此外, Yoo, Kyung Mi 与 Joubert E 也发现线叶金雀花水提取液可清除超氧阴离

收稿日期: 2018-05-02

修回日期: 2018-06-10

* 国家科技部重大专项“重大新药创制”项目 (No.2011ZX09201-201-22): 中药大品种“复方血栓通胶囊”技术改造, 负责人: 唐民科。

** 通讯作者: 唐民科, 博士, 教授, 主要研究方向: 神经药理学研究。

子和羟基自由基^[6-7]。

Hong, In-Sun 等通过利用慢性约束或固定导致的慢性心理应激动物模型观察氧化应激与活性氧(ROS)或自由基的关系,发现线叶金雀花可防止脂质过氧化(lipid peroxidation, LPO),调节谷胱甘肽代谢(reduced glutathione, GSH 和 GSH/GSSG, oxidized glutathione),调节抗氧化酶(superoxide dismutase, SOD 和 catalase, CAT)活性的变化,缓解氧化导致的损伤,证明线叶金雀花可以改善氧化应激损伤^[8]。

Awoniyi 研究线叶金雀花调节氧化应激的作用。通过给予所有动物线叶金雀花提取液 10 周,并在最后 2 周时腹腔注射叔丁基过氧化氢制备氧化应激(OS)动物模型,发现在睾丸组织中超氧化物歧化酶(SOD)活性显著升高,谷胱甘肽水平显著增加,活性氧(ROS)水平显著减少,同时测定表征脂质过氧化程度的硫代巴比妥酸反应物质(TBARS)明显降低。其认为线叶金雀花提取液可以通过增加抗氧化损伤的保护效果,降低脂质过氧化从而在睾丸组织中形成抗氧化防御机制^[9]。

2.2 心血管保护作用

众所周知,作为一线降压药物的血管紧张素转化酶抑制剂,降压作用温和、持久,可保护靶器官,用于治疗高血压和心脏病。Persson I A 等通过让 17 名健康志愿者接受单次口服剂量的 400ml 绿茶、红茶和线叶金雀花,在 0、30、60 和 180 分钟时测定血管紧张素转化酶(angiotensin converting enzyme, ACE)活性和一氧化氮(nitric oxide, NO)浓度,观察线叶金雀花保护心血管作用。结果发现在 30、60 min 后,ACE 被显著抑制,表明线叶金雀花可能通过抑制 ACE 的活性来发挥保护心血管的作用^[10]。

Marnewick 等通过让 40 个志愿者每天服用 6 杯线叶金雀花,持续 6 周,观察线叶金雀花对生物化学和氧化应激参数的成人心血管疾病的风险影响。通过测定抗氧化活性总多酚含量,氧化还原状态(总谷胱甘肽-total glutathione, TGSH, 还原型:氧化型谷胱甘肽-GSH:GSSG),脂质代谢指标(总胆固醇水平-TC,甘油三酯水平-TG,低密度脂蛋白含量-LDL 和高密度脂蛋白含量-HDL)和肝、肾功能,显示线叶金雀花可显著改善脂质轮廓以及氧化还原状态,减少发生心脏病相关的心血管疾病的风险^[11]。

Persson 通过探讨线叶金雀花与血管紧张素转换酶(ACE)和一氧化氮(NO)之间的关系解释线叶金雀花对于心血管系统的保护作用。通过观察线叶金雀花

对体外培养人脐静脉内皮细胞(HUVEC)作用,发现经过一段时间后其可以呈剂量依赖性抑制 ACE 活性,剂量依赖性增加 NO 含量,证实线叶金雀花可能具有预防和改善心血管疾病的潜力^[12]。

2.3 脑血管保护作用

脑缺血再灌注(cerebral ischemia reperfusion, CIR)是最常见的脑血管病类型,属于缺血性脑血管疾病,约占脑血管病的 70%-80%,主要是指由于脑部缺血导致脑细胞受损,恢复血流再灌注后,缺血性损伤进一步加重的现象。高发病率,高复发率,高致残率以及高死亡率是其主要特点,使其备受关注。CIR 是一个复杂的病理级联反应过程,涉及多方面因素,主要包括氧化应激、炎症反应、细胞内钙超载、兴奋性氨基酸毒性、血脑屏障受损、凋亡通路以及氮化应激等。其中研究发现氧化应激及炎症反应是导致 CIR 的两个重要因素,而线叶金雀花具有较好的抗氧化应激及抗炎症损伤的特性,所以其对于 CIR 的治疗具有深刻意义。

体内研究证实,线叶金雀花对 CIR 小鼠脑组织具有保护作用,该作用可能与其抗氧化应激、抗炎症损伤反应有关。其能促进 CIR 小鼠神经功能恢复,具体表现为:显著减少脑梗死体积,改善神经功能(神经功能评分),协调肢体运动性(平衡木实验),改善感觉功能(转角实验),提高学习记忆能力(Morris 水迷宫实验);还可以显著升高脑组织中的 SOD、CAT 活性及 GSH 含量,显著降低 MDA 和 GSSG 含量,促进 GSH-Px 活性,减轻脑缺血再灌注引起的氧化应激,提高脑组织抗氧化系统的功能;显著降低 TNF- α 、IL-1 β 与 ICAM-1 含量以及降低 MPO 活性,减轻脑缺血再灌注引起的炎症反应,减少炎症因子、抑制相关酶活性^[13]。Akinrinmade O 等还通过使用标准方法评估神经行为缺陷,脑水肿,血脑屏障损伤,细胞凋亡,脂质过氧化和总抗氧化能力,发现食用线叶金雀花的动物可明显减轻脑水肿和神经细胞凋亡,显著降低脂质过氧化水平,增加总抗氧化能力,改善神经行为从而对缺血性脑损伤提供神经保护作用^[14]。

2.4 降血糖作用

线叶金雀花可治疗糖尿病大鼠的氧化应激损伤,用于预防和治疗糖尿病性血管并发症,特别是用来抑制活性氧对于眼膜系统的过氧化作用。Ulicná O 等通过观察链脲霉素诱导糖尿病大鼠的血浆和不同组织中的晚期糖基化终产物(AGE)和丙二醛(malondialdehyde, MDA)的含量,发现线叶金雀花可以显著降低其

含量,特别是眼部MDA^[15],说明线叶金雀花可防止链脲霉素诱导糖尿病大鼠的氧化应激的影响。

Kawano A 等通过检查培养的L6肌管对葡萄糖摄取的影响以及培养的RIN-5F胰腺 β -细胞在体外对胰岛素分泌的影响研究线叶金雀花中特有黄酮类 aspalathin 对葡萄糖代谢的影响,得出结论为 aspalathin 通过刺激肌肉组织中的葡萄糖摄取和胰腺 β 细胞的胰岛素分泌,对2型糖尿病中的葡萄糖体内平衡具有有益的作用^[16]。

激活NLRP3炎性体可对脂肪组织,骨骼肌胰岛素信号转导等产生影响,从而引起胰岛素抵抗性,同时影响胰岛 β 细胞的功能及胰岛素的分泌,因此抑制NLRP3炎性体的激活有望成为2型糖尿病的治疗的新靶点。线叶金雀花可清除活性氧簇,影响肾脏细胞中NLRP3炎性小体的激活,抑制白细胞介素(IL-1 β 、IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)炎性因子的释放,从而发挥对糖尿病肾病大鼠的保护作用^[17]。

动脉粥样硬化症为常见的糖尿病并发症,而血管炎症在动脉粥样硬化症的起始和发展进程中发挥着关键作用。Aspalathin 和 nothofagin 是线叶金雀花中发现的两种主要的抗氧化活性物质。Sae-Kwang Ku 等通过评估 Aspalathin 或 nothofagin 可以抑制人类脐静脉内皮细胞(human umbilical vein endothelial cells, HUVECs)和小鼠高葡萄糖(high sugar, HG)诱导的血管炎症,得出 Aspalathin 或 nothofagin 可能在糖尿病并发症的治疗中具有显著的作用^[18]。

2.5 抗癌、抗诱变作用

线叶金雀花可通过改变细胞的氧化状态、致癌物质的代谢酶类、减少致癌物质与生物大分子的结合、抑制细胞的增殖和凋亡等方式发挥抑癌和抗诱变的作用。van der Merwe J D 等通过比较南非线叶金雀花、蜜树茶及茶树茶(黑、乌龙和绿茶)的抗诱变活性,结果发现,多酚类化合物具有抗诱变的作用^[19]。Marnewick 等用线叶金雀花、蜜树茶和绿茶测定小鼠皮肤癌发生时的调节作用,结果表明线叶金雀花提取物可以明显地抑制皮肤肿瘤形成^[20]。

Sissing L 等调查监测了线叶金雀花、蜜树茶、山茶对甲基苄基亚硝胺(methylbenzylnitrosamine, MBN)诱导的食管鳞状细胞癌发生的调制作用,发现线叶金雀花可以抑制肿瘤的发展,为其作为癌症预防剂提供了依据^[21]。Marnewick J. 通过观察线叶金雀花对于甲基苄基亚硝胺(MBN)诱导的大鼠食管鳞状细胞癌的作用,

发现总乳头状瘤平均值的下降与总多酚的减少有关,线叶金雀花提取物中多酚成分的减少会降低乳头状瘤的抑制作用,因此可将线叶金雀花作为癌症预防剂^[21]。

2.6 抗炎作用

脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)诱导的急性肝损伤过程涉及氧化应激和促炎细胞因子的释放。研究调查了线叶金雀花提取物对LPS诱导的急性肝损伤的改善效果,结果发现,线叶金雀花可以减弱LPS诱导的肝损伤,抑制炎症反应,推测该作用可能与调节氧化应激以及抑制促炎细胞因子释放有关^[22]。

红棕榈油(red palm oil, RPO)富含必需脂肪酸和脂溶性抗氧化剂,而线叶金雀花含有独特组成的黄酮类化合物。它们的组合可以导致针对某些病理状况例如炎症的增强保护。通过观察红棕榈油和线叶金雀花的组合显示大鼠的抗炎效果,结果表明,RPO和线叶金雀花单独补充时显示出在全身水平的抗炎作用,而它们的组合在心肌组织中可增强抗炎作用。因此认为,这两种天然食物物质的组合在炎症起主要作用的临床相关病症中可能是有益的^[23]。

2.7 保肝作用

线叶金雀花具有肝脏保护功能。Ulicná O 等通过研究线叶金雀花对由四氯化碳所诱导的大鼠肝损伤模型的保护作用,发现在肝病患者的饮食中使用线叶金雀花可作为植物肝脏保护剂^[24]。Ajuwon Olawale Razaq 等通过对叔丁基过氧化氢(tert-butyl hydroperoxide, t-BHP)诱导的肝脏和肾脏氧化应激损伤的研究发现线叶金雀花的补充能够减轻t-BHP诱导的肝脏肾脏变化,表明其能够防止肝和肾毒性氧化损伤^[25]。由于腹腔注射脂多糖(LPS)后引发急性肝损伤。氧化应激和促炎细胞因子的释放都与LPS诱导的急性肝损伤的发病机制有关。所以Ajuwon O R 等通过将线叶金雀花提取物作用于急性肝损伤动物,发现其可以显著降低LPS诱导血清AST和LDH以及ALT水平,并且可以引起血浆和肝脏的MDA含量降低,全血和肝脏的GSH与GSSG比值下降,以及各种抗氧化酶的变化。TNF- α 和IL-6表达明显受到抑制,表明线叶金雀花可以通过抑制氧化应激以及炎症损伤而有效改善脂多糖诱导的急性肝损伤^[26]。

2.8 消化系统保护作用

线叶金雀花已广泛用于腹部痉挛和腹泻。Gilani AH 等通过用兔空肠组织实验,结果显示线叶金雀花中黄酮及其他有效成分的生理活性物质可以对消化系统

产生抑制作用。表明线叶金雀花具有显性K(ATP)通道活化和弱Ca(++)拮抗剂机制的组合,因此证明其在多发性胃肠道疾病中的应用^[27]。线叶金雀花还可用于肠道炎性疾病。Baba H等建立大鼠溃疡性结肠炎模型,通过给与线叶金雀花干预,使得溃疡性结肠炎症状好转,并且测得血清SOD水平明显升高,尿中8-羟基-2'-脱氧鸟苷水平明显下降。由此说明线叶金雀花可以通过其抗氧化活性防止体内DNA损伤和炎症,改善溃疡性结肠炎^[28]。

2.9 脂肪代谢

线叶金雀花含有丰富的茶多酚及类黄酮成分,这些成分可以抑制脂肪的生成并影响脂肪代谢,从而可有效预防糖尿病及肥胖症。Micheline Sanderson等通过体外培养3T3-L1脂肪细胞,探索线叶金雀花对于脂肪细胞分化的影响。结果发现,线叶金雀花可以增加ATP含量,减少瘦素分泌,抑制脂肪细胞分化,可能是通过抑制PPAR α , PPAR γ , SREBF1, FASN, AMPK的mRNA的表达实现^[29]。

植物衍生的多酚类物质可以阻止肥胖和相关脂质代谢性疾病的发病,而线叶金雀花是一个含有丰富的无热量和/或兴奋性成分的多酚源,R Beltrán-Debón通过研究线叶金雀花水提取液中的25种酚类化合物发现,血清胆固醇显著降低,甘油三酯和游离脂肪酸的浓度下降,脂肪细胞的大小和数量的发生变化,并且可以完全预防由饮食所诱导的肝脏脂肪变性^[30]。这些表明线叶金雀花水提取液可以激活腺苷酸活化蛋白激酶(AMPK)以及调节细胞能量平衡,所以日常饮食中添加多酚类化合物可有助于脂质代谢异常等疾病。

2.10 其他作用

食用线叶金雀花有望增强身体耐力和减少身体疲劳。因为aspalathin具有抗氧化活性,可增加肌肉组织对于葡萄糖的摄取及利用。这种有益的效果可能由肝脏和骨骼肌中增加的糖原累积诱导^[31]。

在线叶金雀花的化学成分中,金圣草素显示选择性支气管扩张剂效应,其可通过兔空肠,主动脉和豚鼠气管和心房等组织得到验证。此外,线叶金雀花还具有支气管扩张,解痉和降血压作用,主要是通过具有选择性支气管扩张作用的K(ATP)通道活化介导,因此其可作为治疗充血性呼吸系统疾病的潜在药物^[32]。

肾上腺的类固醇激素输出在维持激素稳态中是至关重要的,激素失衡与许多临床病症相关,包括高血压,心血管疾病,代谢综合征以及胰岛素抵抗所导致的2型糖尿病等。线叶金雀花可影响类固醇激素生物合成,通过盐皮质激素,糖皮质激素和雄激素通路,从而可能有助于缓解由糖皮质激素水平升高产生的负面影响^[33]。

Aspalathin(Asp)和nothofagin(Not)是线叶金雀花中的两个主要的查尔酮类活性物质,研究发现他们具有较强的抗氧化活性。Ku SK等^[34]通过监测活化部分凝血活酶时间(APTT)、凝血酶原时间(PT),和凝血酶活性(IIa因子,FIIA)和激活的因子X(FXa)反映线叶金雀花中Aspalathin(Asp)和nothofagin(Not)的抗凝血活性。结果发现,Aspalathin(Asp)和nothofagin(Not)可延长APTT、PT,抑制凝血酶和FXa活性,抑制人脐静脉内皮细胞中凝血酶和FXa的产生,还可以抑制凝血酶催化纤维蛋白聚合和血小板聚集,因此认为线叶金雀花具有抗血栓活性,可以为开发新型抗凝药物奠定基础。

此外,线叶金雀花还具有温和的植物雌激素功能^[35]、体内和体外促进产生抗原特异性抗体调节免疫功能^[36,37]、减少细胞损伤和增强抑菌功能以及增加精子活性和运动能力促进生殖功能^[38-39]等多种作用。

3 结语与展望

线叶金雀花的传统应用已经有300多年的历史。民间多用于治疗哮喘,绞痛,湿疹,头痛,恶心和轻度抑郁症等。现临床上主要用作抗高血压药,免疫刺激剂,泻药,镇静剂和解痉剂以及用于治疗动脉粥样硬化和糖尿病等。研究显示其具有改善氧化应激及炎症反应损伤、降低血糖、保护肝脏、抗癌症以及抗诱变等作用。近年来,线叶金雀花因其较强的抗氧化性、安全性较好及适用于多种慢性疾病的预防与调整而受到广泛关注,但目前对于线叶金雀花的研究还比较有限,对于其强抗氧化性及抗炎性的应用还不完全深入。希望随着研究的不断深入,可以进一步完善其功效,为后续发展成具有健康促进作用的半成品添加物及预防慢性代谢性疾病的相关产品提供理论依据。

参考文献

- 1 希雨, 徐莉. 走进非洲传统医药学宝库 II: 可与绿茶相媲美的南非特产红灌木. 国外医药(植物药分册), 2005, 20(2): 66-70.
- 2 Iswaldi I, Arrúez-Román D, Rodríguez-Medina I, *et al.* Identification of phenolic compounds in aqueous and ethanolic rooibos extracts (*Aspalathus linearis*) by HPLC-ESI-MS (TOF/IT). *Analytical & Bioanalytical Chemistry* 2011, 400(10): 3643-3654.
- 3 Bramati L, Minoggio M, Gardana C, *et al.* Quantitative characterization of flavonoid compounds in Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) by LC-UV/DAD. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2002, 50(20): 5513-5519.
- 4 Joubert E. quantification of the dihydrochalcones, aspalathin and nothofagin in rooibos tea (*Aspalathus linearis*) as affected by processing. *Food Chemistry*, 1996, 55(4): 403-411.
- 5 Kroyer G T. Rooibos tea: a rich source of antioxidant active polyphenes with health promoting effects. *Cairo: 3th Africa Nutritional Epidemiology Conference*, 2008.
- 6 Joubert E, Winterton P, Britz T J, *et al.* Antioxidant and pro-oxidant activities of aqueous extracts and crude polyphenolic fractions of rooibos (*Aspalathus linearis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53(26): 10260-10267.
- 7 Yoo K M, Lee C H, Lee H, *et al.* Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry*, 2008, 106(3): 929-936.
- 8 Hong I S, Lee H Y, Kim H P. Anti-Oxidative Effects of Rooibos Tea (*Aspalathus linearis*) on Immobilization-Induced Oxidative Stress in Rat Brain. *Plos One*, 2014, 9(1): e87061.
- 9 Awoniyi D O. Protective effects of rooibos (*Aspalathus linearis*), green tea (*Camellia sinensis*) and commercial supplements on testicular tissue of oxidative stress-induced rats. *African Journal of Biotechnology*, 2011, 10(75): 17317-17322.
- 10 Persson I A, Persson K, Hägg S, *et al.* Effects of green tea, black tea and Rooibos tea on angiotensin-converting enzyme and nitric oxide in healthy volunteers. *Public Health Nutrition*, 2010, 13(5): 730.
- 11 Marnewick J L, Rautenbach F, Venter I, *et al.* Effects of rooibos (*Aspalathus linearis*) on oxidative stress and biochemical parameters in adults at risk for cardiovascular disease. *Journal of Ethnopharmacology*, 2011, 133(1): 46.
- 12 Persson I A, Josefsson M, Persson K, *et al.* Tea flavanols inhibit angiotensin-converting enzyme activity and increase nitric oxide production in human endothelial cells. *Journal of Pharmacy & Pharmacology*, 2006, 58(8): 1139-1144.
- 13 马青, 李亚, 唐民科. 线叶金雀花对小鼠脑缺血再灌注损伤的保护作用. 北京中医药大学学报, 2017, 40(3): 193-199.
- 14 Akinrinmade O, Omoruyi S, Dietrich D, *et al.* Long-term consumption of fermented rooibos herbal tea offers neuroprotection against ischemic brain injury in rats. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 2017, 77(1): 94.
- 15 Ulicná O, Vancová O, Bozek P, *et al.* Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) partially prevents oxidative stress in streptozotocin-induced diabetic rats. *Physiological Research*, 2006, 55(2): 157-164.
- 16 Kawano A, Nakamura H, Hata S I, *et al.* Hypoglycemic effect of aspalathin, a rooibos tea component from *Aspalathus linearis*, in type 2 diabetic model db/db mice. *Phytomedicine International Journal of Phytotherapy & Phytopharmacology*, 2009, 16(5): 437.
- 17 何春兰, 王继华, 饶夏莉, 等. 线叶金雀花对糖尿病肾病大鼠保护作用及可能机制研究. 中国中西医结合肾病杂志, 2018, 19(2): 140-143.
- 18 Ku S K, Kwak S, Kim Y, *et al.* Aspalathin and Nothofagin from Rooibos (*Aspalathus linearis*) Inhibits High Glucose-Induced Inflammation In Vitro and In Vivo. *Inflammation*, 2015, 38(1): 445-455.
- 19 Jd V D M, Joubert E, Richards E S, *et al.* A comparative study on the antimutagenic properties of aqueous extracts of *Aspalathus linearis* (rooibos), different *Cyclopia* spp. (honeybush) and *Camellia sinensis* teas. *Mutat Res*, 2006, 611(1-2): 42-53.
- 20 Marnewick J, Joubert E S, Swanevelder S, *et al.* Inhibition of tumour promotion in mouse skin by extracts of rooibos (*Aspalathus linearis*) and honeybush (*Cyclopia intermedia*), unique South African herbal teas. *Cancer Letters*, 2005, 224(2): 193-202.
- 21 Sissing L, Marnewick J, De K M, *et al.* Modulating effects of rooibos and honeybush herbal teas on the development of esophageal papillomas in rats. *Nutrition & Cancer-an International Journal*, 2011, 63(4): 600-610.
- 22 Ajuwon O R, Oguntibeju O O, Marnewick J L. Amelioration of lipopolysaccharide-induced liver injury by aqueous rooibos (*Aspalathus linearis*) extract via inhibition of pro-inflammatory cytokines and oxidative stress. *Bmc Complementary & Alternative Medicine*, 2014, 14(1): 1-12.
- 23 Katengua-Thamane E, Marnewick J L, Ajuwon O R, *et al.* The combination of red palm oil and rooibos show anti-inflammatory effects in rats. *Journal of Inflammation*, 2014, 11(1): 41.
- 24 Ulicná O, Greksák M, Vancová O, *et al.* Hepatoprotective effect of rooibos tea (*Aspalathus linearis*) on CCl₄-induced liver damage in rats. *Physiological Research*, 2003, 52(4): 461-466.
- 25 Ajuwon O R, Katengua-Thamane E, Rooyen J V, *et al.* The Effect of Rooibos (*Aspalathus Linearis*) Supplementation On Tert-Butylhydroperoxide-Induced Oxidative Damage in Liver and Kidney of Rats. *Free Radical Biology & Medicine*, 2011, 51(4): S81-S82.
- 26 Ajuwon O R, Oguntibeju O O, Marnewick J L. Amelioration of lipopolysaccharide-induced liver injury by aqueous rooibos (*Aspalathus linearis*) extract via inhibition of pro-inflammatory cytokines and oxidative stress. *Bmc Complementary & Alternative Medicine*, 2014, 14(1): 1-12.
- 27 Gilani A H, Khan A U, Ghayur M N, *et al.* Antispasmodic effects of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) is mediated predominantly through K⁺-channel activation. *Basic Clin Pharmacol Toxicol*, 2006, 99(5): 365-373.
- 28 Baba H, Ohtsuka Y, Haruna H, *et al.* Studies of anti-inflammatory effects of Rooibos tea in rats. *Pediatrics International*, 2009, 51(5): 700-704.
- 29 Sanderson M, Mazibuko S E, Joubert E, *et al.* Effects of fermented rooibos (*Aspalathus linearis*) on adipocyte differentiation. *Phytomedicine*, 2014, 21(2): 109-117.

- 30 Beltrán-Debón R, Rull A, Rodríguez-Sanabria F, *et al.* Continuous administration of polyphenols from aqueous rooibos (*Aspalathus linearis*) extract ameliorates dietary-induced metabolic disturbances in hyperlipidemic mice. *Phytomedicine*, 2011, 18(5): 414–424.
- 31 Watanabe N, Hara Y, Sakuda S, *et al.* Effects of Dietary Green Rooibos on Physical Endurance in Swimming Mice. *Food & Nutrition Sciences*, 2014, 5(2): 127–131.
- 32 Khan A U, Gilani A H. Selective bronchodilatory effect of Rooibos tea (*Aspalathus linearis*) and its flavonoid, chrysoeriol. *European Journal of Nutrition*, 2006, 45(8): 463–469.
- 33 Schloms L, Storbeck KH, Swart P, *et al.* The influence of *Aspalathus linearis* (Rooibos) and dihydrochalcones on adrenal steroidogenesis: quantification of steroid intermediates and end products in H295R cells. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology*, 2013, 133(3–5): 140.
- 34 Ku S K, Lee W, Kang M, *et al.* Antithrombotic activities of aspalathin and nothofagin via inhibiting platelet aggregation and FIIa/FXa. *Archives of Pharmacol Research*, 2015, 38(6): 1080–1089.
- 35 Shimamura N, Miyase T, Umehara K, *et al.* Phytoestrogens from *Aspalathus linearis*. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 2006, 29(6): 1271–1274.
- 36 Kunishiro K, Tai A, Yamamoto I. Effects of rooibos tea extract on antigen-specific antibody production and cytokine generation in vitro and in vivo. *Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan*, 2001, 65(10): 2137–2145.
- 37 Ichiyama K, Tai A, Yamamoto I. Augmentation of antigen-specific antibody production and IL-10 generation with a fraction from Rooibos (*Aspalathus linearis*) tea. *Bioscience Biotechnology & Biochemistry*, 2007, 71(2): 598–602.
- 38 Park H J, Park K, Yoon K S. Effect of Rooibos (*Aspalathus linearis*) on Growth Control of *Clostridium perfringens* and Lipid Oxidation of Ready-to-Eat Jokbal (Pig's Trotters). *Journal of Food Science*, 2014, 79(12): 2507–2515.
- 39 Opuwari C S, Monsees T K. In vivo effects of *Aspalathus linearis* (rooibos) on male rat reproductive functions. *Andrologia*, 2015, 46(8): 867–877.

Research Progress of Rooibos, *Aspalathus linearis* (Barm.f.) R. Dahlgren

Ma Qing, Tang Minke

(School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102488, China)

Abstract: Rooibos, *Aspalathus linearis* (Barm.f.) R. Dahlgren, is a South African endemic plant. Modern researches have shown that its leaves and branches are rich in polyphenols and specific flavonoids, aspalathin and nothofagin, which have many pharmacological effects on improving oxidative stress and inflammation, reducing blood sugar, protecting liver, resisting cancer and mutagenesis. In this paper, the research progress of Rooibos is summarized which could provide reference for further research and development.

Keywords: Rooibos, *Aspalathus linearis* (Barm.f.) R. Dahlgren active ingredients, pharmacological effects, review

(责任编辑:刘 宁 马雅静, 责任译审:王 昭)