

缙丝花的营养、保健和药用价值研究进展

路朝^{1,3}, 徐荣艳^{1,*}, 胡永红¹, 李以康^{2,*}

¹上海辰山植物园, 中国科学院上海辰山植物科学研究中心, 上海市资源植物功能基因组学重点实验室, 上海 201602

²中国科学院西北高原生物研究所, 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 青海省寒区恢复生态学重点实验室, 西宁810008

³上海应用技术大学生态技术与工程学院, 上海201418

*共同通信作者: 徐荣艳(ryxu822@fudan.edu.cn)、李以康(ykli@nwipb-cas.cn)

摘要: 缙丝花(*Rosa roxburghii*)别名刺梨, 是蔷薇科多年生落叶灌木, 主要分布在我国西南地区。缙丝花果实不仅含有糖类、有机酸、氨基酸、脂肪酸、维生素、微量元素等营养成分, 还含有多种具有药理活性的成分, 如超氧化物歧化酶(SOD)、黄酮类化合物、三萜类化合物、植物甾醇、多糖等, 特别是维生素C的含量高居果蔬之首, 具有较高营养、保健和药用价值。为深入了解缙丝花的功效, 本文将近年来有关缙丝花的营养和药理活性物质及其功效方面的研究做一综述。

关键词: 缙丝花; 营养成分; 超氧化物歧化酶; 维生素C; 药用价值

Research progress on nutritional and medicinal value of *Rosa roxburghii*

LU Zhao^{1,3}, XU Rongyan^{1,*}, HU Yonghong¹, LI Yikang^{2,*}

¹Shanghai Key Laboratory of Plant Functional Genomics and Resource, Shanghai Chenshan Plant Science Research Center, Chinese Academy of Sciences, Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai 201602, China

²Key Laboratory of Restoration Ecology of Cold Area in Qinghai Province, Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China

³School of Ecological Technology and Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China

*Co-corresponding authors: Xu RY (ryxu822@fudan.edu.cn), Li YK (ykli@nwipb.cas.cn)

Abstract: *Rosa roxburghii* is a perennial deciduous shrub in Rosaceae family, primarily distributed in south-west region in China. Nutrient composition of *R. roxburghii* fruit includes carbohydrates, organic acids, fatty acids, vitamins and trace elements. In addition, there are several bioactive substances, such as superoxide dismutase (SOD), flavonoids, triterpenes, phytosterols and polysaccharides in *R. roxburghii* fruit. Vitamin C content per unit weight of *R. roxburghii* fruit is much higher than other fruits and vegetables, which highlights *R. roxburghii* a popular plant. This review summarized recent progress in *R. roxburghii* nutrients, bioactive substances, and related medicinal properties to get a better understanding of *R. roxburghii*.

Key words: *Rosa roxburghii*; nutrient composition; superoxide dismutase; vitamin C; medicinal property

缙丝花(*Rosa roxburghii* Tratt.), 别名刺梨, 蔷薇科落叶灌木, 主产于我国西南部, 以贵州省最多。缙丝花果实营养丰富, 含有糖类、有机酸、蛋白质、氨基酸、脂肪酸、维生素和无机盐等营养成分, 尤其是维生素C (vitamin C, VC)的含量远远高于其他

果蔬, 被称为“VC之王”。在贵州省, 缙丝花有较长

收稿 2020-12-13 修定 2021-01-12
资助 上海市绿化和市容管理局2019年科学技术项目(G192417)和青海省科学技术厅基础研究计划项目(2019-ZJ-7072)。

的药用历史,被用于健胃消食,治疗食积饱胀。近年的研究发现,缫丝花含有较高的超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD),此外还有多糖、黄酮、三萜、甾醇等生物活性物质,是不可多得的珍贵药食两用植物。为了更全面地了解缫丝花以及更深入地开展其食用和药用价值研究,本文将缫丝花的营养、生物活性物质及其保健药用研究进展情况进行了综述。

1 缫丝花的主要营养成分

1.1 糖类和有机酸

糖类是主要能源物质,总糖是果实甜味的基础成分。科学家研究发现,缫丝花果实含3.51%~6.20% (质量分数)的总糖,主要由葡萄糖、果糖和蔗糖组成。不同产地之间有差异,贵州同仁所产缫丝花总糖含量为3.51%,兴义产缫丝花则为6.20%,其他几个地区产的缫丝花总糖含量介于二者之间。缫丝花干药材中含有1.12%~1.43% (质量分数)的多糖(杨茂忠等2006)。Wang等(2018)发现缫丝花果实水溶性多糖提取物中含有约64%的糖类,构成糖类的单糖成分有阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、甘露糖、木糖和海藻糖。而从缫丝花的近缘种无子刺梨(*R. sterilis*)中获得的多糖提取物则含有质量分数为42%~45%的糖类,单糖成分包括阿拉伯糖、半乳糖、葡萄糖、果糖和半乳糖醛酸(陈庆等2019)。大量的研究表明,植物多糖不仅可以提高人体免疫功能,而且在抗病毒、抗肿瘤、降血糖以及抗辐射等多方面都有一定的作用。体外实验表明,缫丝花多糖不仅具有抗氧化活性和 α -葡萄糖苷酶抑制活性,还有 α -淀粉酶抑制活性,以及很好的保油性和发泡特性,因此,在食品、医药以及化妆品工业中可以用作添加剂(Wang等2018)。

缫丝花果实中含有多种有机酸,包括苹果酸、乳酸、酒石酸、柠檬酸、草酸和琥珀酸,其中苹果酸含量最高(安华明等2011)。糖类和有机酸是决定水果的酸甜度和口感的主要成分,缫丝花果实糖酸比偏小,口味偏酸,有的地方称为“酸汤果”。

1.2 蛋白质和氨基酸

植物蛋白在人类膳食结构中占有重要地位。

缫丝花果实含有质量分数为3.28%~8.34%的总蛋白。已有报道显示,缫丝花蛋白含有18种氨基酸,包括8种人体必需氨基酸(鲁敏等2015)。林陶等(2017)分析发现,无子刺梨与野生缫丝花中鲜味氨基酸Asp与Glu的含量分别为14.07和13.92 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW),甜味氨基酸Ala、Gly、Ser和Pro在野生缫丝花中总含量为12.29 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW),芳香族氨基酸Phe和Tyr合计为2.96 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW),9种具有药效的氨基酸Asp、Glu、Gly、Met、Leu、Tyr、Phe、Lys和Arg总含量为32.9 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW)。丰富的氨基酸成分表明缫丝花果实的确是品质极佳的水果。

1.3 脂肪酸

脂肪酸是植物油的结构成分。亚油酸、亚麻酸等人体必需脂肪酸,在人体内不能合成,必须由食物供给,因此必需脂肪酸含量高的植物种类更受欢迎。目前,研究人员从缫丝花籽油中分离鉴定了10种脂肪酸,其中6种为不饱和脂肪酸,占脂肪酸总含量的83.6%,以亚油酸、亚麻酸为主。缫丝花籽油不仅可供食用,还具有较高的医疗、保健价值(张峻松等2007)。

1.4 维生素

维生素是人体生命活动必需的一类有机化合物,大多数维生素在人体内不能合成或合成量不足,必须通过膳食获得供给。科学家发现,缫丝花果实中含有多种维生素,其中VC的含量高居果蔬之首。贵州缫丝花VC含量平均为20.88 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW),比富含VC的猕猴桃中含量高十几倍。芦丁(rutin)对于维持血管弹性有重要作用,缫丝花果实中芦丁含量为6.00 \pm 0.01 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (FW)(田宏哲等2009)。维生素E (vitamin E, VE)具有抗氧化作用,其水解产物称为生育酚,能促进性激素分泌,在临床上可以用于防治不育症、更年期综合症等。在缫丝花果实中,VE的含量为20.40~36.10 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW)。维生素K (vitamin K, VK)又称凝血维生素,可以促进凝血并参与到人体骨骼代谢中,因此对人体健康也很重要;缫丝花中VK₁的含量为1.40~12.00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW)。缫丝花中VE、VK含量都显著高于一般果蔬。此外,缫丝花中还含有B族维生素VB₁、VB₂、VB₃、VB₆、VB₁₁和叶酸,以及胡萝卜素等。因此,缫丝花果实是名副其实的“多维果”。

1.5 微量元素

微量元素是一类人体内含量极少,但对于维持人体生理功能必不可少的元素。有的微量元素在人体代谢中是酶的催化剂,有的是蛋白结构的组分。人体缺少或过量摄入微量元素都会引发疾病。多位科学家从纒丝花中共检测到18种微量元素,其中包括7种已明确对人体有益的微量元素:铁(Fe)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、硒(Se)、铬(Cr)和钼(Mo)。

2 纒丝花的主要生物活性成分

纒丝花的生物活性成分,在这里指的是其果实中除了营养成分以外包括超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、植物多糖、黄酮类化合物、三萜类化合物和植物甾醇等次生代谢物质在内,对疾病具有预防、辅助治疗等功效的物质,这些物质与纒丝花的保健功能和药用价值密不可分。

2.1 SOD

SOD通过氧化还原反应清除氧自由基,减轻对机体的伤害。纒丝花鲜果中含有 $1 \times 10^4 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ (FW)的SOD,比几种含SOD较多的植物高10倍以上(史肖白等1998)。纒丝花能产生大量的SOD可能与其极高浓度的VC有关(李志刚等2020)。研究表明,强化SOD的纒丝花果汁在提升金属中毒大鼠(*Rattus norvegicus*)免疫功能、保护肝脏等方面具有一定的功效,但由于SOD蛋白在胃液环境中会变性并失去活性(Stephenie等2020),大部分到达小肠的SOD可能并没有活性,而采用生物胶囊将SOD保护起来可以解决这一问题。

2.2 黄酮类化合物

黄酮类化合物在植物中广泛存在,具有多种生物活性。研究发现,纒丝花果实中含有质量分数约为0.8%的总黄酮(杜薇和刘国文2003)。到目前为止,已经鉴定了包括芦丁、异槲皮苷(isoquercitrin)、槲皮苷(quercitrin)、槲皮素(quercetin)、山柰酚(kaempferol)和木犀草素(luteolin)等在内共12种黄酮类物质(Liu等2016)。

2.3 三萜类化合物

三萜类化合物是由数个异戊二烯去掉羟基后

首尾相连构成的物质,在多种植物中存在。目前在纒丝花中共鉴定了13种三萜类化合物。科学家在80年代鉴定了5种:蔷薇酸(euscaphic acid)、委陵菜酸(tormentic acid)、刺梨酸(roxburic acid)、刺梨苷(kaji-ichigoside)与野蔷薇苷(rosamultin)。代甜甜等(2015)鉴定了2种: arjunetin和1- β -羟基蔷薇酸。李齐激等(2016)鉴定了4种: 2-oxo-pomolic acid、arjunic acid、2 α ,3 α ,19 α -trihydroxy-olean-12-en-28-oic acid 28-O- β -D-glucopyranoside和2 α ,3 α ,19 α ,24-tetrahydroxyolean-12-en-28-oic acid 28-O- β -D-glucopyranosyl ester。梁梦琳等(2019)鉴定了1 α ,2 β ,3 β ,19 α -tetrahydroxyurs-12-en-28-oic acid和potentillanoside B两种,并证明二者具有一定的抗菌活性。

2.4 植物甾醇

植物甾醇是一类天然环戊烷多氢菲衍生物,在很多种植物中存在。纒丝花中到目前为止唯一确认的是科学家于80年代从果实中鉴定的 β -谷甾醇(β -sitosterol)。纒丝花的多种生物活性可能与 β -谷甾醇有关。它可以改善非酒精性脂肪肝细胞脂肪变性程度,减轻氧化应激反应(周海玥等2016)。刘威良等(2019)总结发现, β -谷甾醇具有抗氧化、降低胆固醇、抗炎症、免疫调节、抗肿瘤等活性。

3 纒丝花的保健药用功效

3.1 提高免疫力,消除疲劳,延缓衰老

人体免疫力是机体抵抗外来细菌与病毒的侵袭、维护体内环境稳定的防御能力。营养不合理等因素会导致免疫力下降,诱发疾病。经研究,贵州某药业公司生产的刺梨口服液,含有SOD、多糖、VC及微量元素Zn等,可以改善老年人免疫功能及自由基代谢(叶红等1999)。对实验动物的研究表明,纒丝花多糖可以显著提高小鼠(*Mus musculus*)的免疫能力,使小鼠抗疲劳、耐缺氧、耐高温与低温的能力都得到改善(路筱涛和鲍淑娟2002)。纒丝花果汁可以促进小鼠抗体形成细胞的产生,保护肾脏线粒体免受损伤(罗素元等2002),并通过提供能源物质、减少不利物质以及抗氧化作用共同消除疲劳(曹晶晶等2018)。

人体内产生的活性氧自由基能引发体内脂质过氧化、加快皮肤、内部器官及整个机体的衰老

过程, 诱发各种病变。缬丝花多糖制品可清除自由基并呈现一定的量效关系(杨江涛等2008)。缬丝花黄酮可清除各种活性氧, 也是一种很好的抗氧化剂(张晓玲等2005)。三萜类物质如刺梨苷、蔷薇酸、野蔷薇苷、arjunctin以及1- β -羟基蔷薇酸可清除1,1-二苯基-2-硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine, DPPH)自由基(代甜甜等2015)。此外, 缬丝花还有较强的2,2'-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐[2,2'-azinobis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonate), ABTS]自由基清除能力。 Na^+ 、 K^+ -ATP酶是一类位于细胞膜上的酶。细胞衰老时, 其活性下降; 而缬丝花果汁可以保护衰老小鼠红细胞膜 Na^+ 、 K^+ -ATP酶的活性, 因而具有延缓衰老的功效(罗素元等2000)。因此, 缬丝花果实是不可多得的保健水果。

3.2 保护消化系统

消化道是消化系统的“前线”, 是最大的免疫器官、排毒器官。当病从口入时, 几乎所有的病菌都要在肠道里被消除免疫掉。细菌性痢疾是痢疾杆菌(*Bacillus dysenteriae*)经消化道感染人体后引起的结肠黏膜炎症和溃疡。有报道表明, 鲜缬丝花根煎剂在临床上对治疗急性细菌性痢疾具有较好的疗效。消化性溃疡病对人体健康的损害较大。对实验性大鼠的研究表明, 缬丝花汁对胃溃疡有明显的治疗效果, 高剂量给药可以提高大鼠血清中三叶因子2 (trefoil factor 2, TFF-2)、表皮生长因子(epidermal growth factor, EGF)和NO的含量(郑波等2017)。TFF-2是一类主要由胃肠道黏液细胞分泌的小分子多肽, 其二级结构中含有的“三叶草”状结构域使得整个肽链扭曲、折叠, 终端不易暴露, 因而TFF-2具有较强的抗酸、耐热以及抗蛋白酶水解的能力, 对胃肠道黏膜具有保护作用。EGF是一种多功能的生长因子, 它与相应的受体结合后, 可以诱导细胞生长、迁移以及促进分化基因表达。TFF-2能与EGF以及转化生长因子 α (transforming growth factor α , TGF- α)协同作用, 促进受损病灶周围完好的上皮细胞向中心的黏膜表面迁移覆盖(侯亮和荣芳2010)。NO主要是作为信使分子, 外源性NO供体硝普钠(sodium nitroprusside, SNP)可以促进胃溃疡大鼠的胃黏膜修复(顾俊俊和李兴华2018)。

TFF-2、EGF以及NO的升高表明缬丝花汁中有活性物质激活了溃疡黏膜的修复过程。此外, 科学家还发现缬丝花汁可以增加胆压, 促进胰液及胰酶的分泌, 改善消化功能。

3.3 抗动脉粥样硬化, 保护心脏

动脉内膜粥样硬化是冠心病、脑梗死和外周血管病的主要发病原因, 脂质过氧化损伤和高脂血症是重要的诱发因素。科学家们发现缬丝花汁可以改善低密度脂蛋白(low-density lipoprotein, LDL)的氧化易感性, 抑制氧化的极低密度脂蛋白(oxidized very low density lipoprotein, Ox-VLDL)促泡沫细胞的形成, 降低因LDL氧化而造成的细胞内胆固醇酯累积(Zhang等2001), 从而降低动脉粥样硬化的发生。人体高密度脂蛋白(high-density lipoprotein, HDL)介导胆固醇逆向运转, HDL氧化也会导致胆固醇蓄积。缬丝花汁可以抑制HDL的氧化修饰, 降低血氧化脂质损伤, 进而防止动脉内膜粥样化斑块的形成(汪俊军等2001)。临床研究表明, 脑梗死患者饮用缬丝花汁后, 其动脉粥样硬化症状得到有效改善, 复发率也降低(简崇东等2017)。

缬丝花黄酮可以减少阿霉素对大鼠心肌细胞的毒性作用。阿霉素造模大鼠出现心肌纤维紊乱等症状, 其信号转导与转录活化因子1 (signal transducer and activator of transcription 1, STAT1)的蛋白表达量异常升高。STAT1是一种连接细胞膜受体与效应器间信号转导的重要蛋白, 它的活化能促进肿瘤细胞的增殖, 而缬丝花黄酮处理可以改善心肌细胞的状况、降低STAT1水平(李丹等2018)。院慧芳等(2019)的研究表明, 缬丝花黄酮可以下调阿霉素引起的心肌细胞凋亡, 保护心肌细胞。

3.4 治疗贫血

世界卫生组织(World Health Organization, WHO)于1993年—2005年的调查数据显示, 全世界24.8%的人口患有贫血症。据2015年《中国居民营养与慢性病状况报告》(顾景范2016), 2013年我国6岁以下儿童贫血患病率为11.6%, 孕妇贫血率为17.2%。贫血病依然在影响着国民的健康。日常生活中多摄取补血的食物, 可以有效降低贫血病的发生。通过实验动物造模研究, 发现缬丝花汁可以促进小鼠的造血功能。由环磷酰胺合并 ^{60}Co 致小鼠骨髓

造血功能抑制后, 饲喂缙丝花汁提高了造模小鼠外周血血细胞和骨髓有核细胞计数, 促进了更多的骨髓细胞进入增殖周期。因此, 缙丝花汁可以作为一种治疗贫血的辅助药物(覃志坚等2012)。

3.5 降血糖, 预防糖尿病

糖尿病患者的血糖水平升高会激活葡萄糖代谢多元醇通路的限速酶——醛糖还原酶(aldose reductase, AR), 而产生大量的山梨醇积聚在组织细胞中, 这是糖尿病并发症的主要发病机制之一。因此, 通过医学治疗、调整膳食结构等多种手段控制血糖水平至关重要。研究表明, 由缙丝花嫩叶经制茶工艺加工而成的缙丝花茶能降低糖尿病小鼠的空腹血糖值, 改善体重减轻和多饮现象(郭建军等2017)。缙丝花果酒能通过胰岛素介导的PI3K途径改善1型糖尿病大鼠糖代谢紊乱(安玉红等2020)。缙丝花果中山柰酚己糖、芦丁与儿茶酸则可以竞争性结合葡萄糖苷酶上的碳水化合物结合位点, 抑制 α -葡萄糖苷酶的功能(Zhu等2019), 从而阻碍寡糖的水解和吸收, 降低餐后血糖; 而缙丝花黄酮能保护胰脏免受高血糖的损伤(张晓玲等2004)。因此, 缙丝果实可以作为糖尿病患者的辅助食品。

3.6 抗癌, 抗突变

癌症是威胁人类生命的顽疾。科学家们研究发现, 缙丝花果汁能抑制胃癌病人内源性N-亚硝基脯氨酸(N-nitrosoproline, NPRO)的合成, 抑制人白血病K562细胞生长, 促进人白血病U937细胞凋亡。缙丝果实提取物可以延长艾氏腹水癌小鼠的寿命, 诱导人子宫内膜腺癌细胞的凋亡, 阻滞癌细胞于G0-G1和G2-M期(戴支凯等2011)。缙丝花黄酮对辐射所致细胞损伤有保护作用(Xu等2014)。聚ADP核糖聚合酶-1 [poly(ADP-ribose) polymerase-1, PARP-1]可以修复通常损伤的DNA。当细胞遭受辐射时, DNA受损严重, PARP-1结构解体为两个亚基, 不能完成DNA修复。PARP-1的活性亚基会激活凋亡诱导因子(apoptosis-inducing factor, AIF), 启动细胞凋亡(Sevrioukova 2011)。受辐射后, Bcl-2/caspase-3/PARP-1信号途径的Bax/Bcl-2、p-ERK/ERK、p-53/p53与p-p38/p38蛋白表达水平明显升高; 而用缙丝花黄酮处理辐射细胞后, 这些蛋白的表达降低。因此, 缙丝花黄酮对辐射细胞具有防护

功效, 可能通过调节PARP-1/AIF来减少凋亡(Xu等2017)。科学家早期发现, 强化SOD的缙丝花汁具有抗突变的作用。

此外, 有很多报道显示, 缙丝果实对Cd、Hg、Se以及Pb中毒都有一定的缓解作用。

4 展望

缙丝花富含多种营养成分和生物活性物质, 具有多方面的保健及药用功效, 是名副其实的药食两用珍品。目前, 以缙丝果实为原料开发的食品、保健品等品种十分丰富。缙丝花叶由于含有多种酚类物质、芦丁、黄酮以及三萜化合物等, 也是一种具有开发价值的资源(周广志等2019; 谢国芳等2017)。为了更长久地开发利用缙丝花资源, 可结合植物细胞离体培养技术研究(房洪舟等2019; 谷荣辉等2013), 开展遗传育种, 同时加大野生资源保护, 实现缙丝花产业的可持续发展。

参考文献(References)

- An HM, Liu M, Yang M, et al (2011). Analysis of main organic acid compositions in *Rosa roxburghii* Tratt. *Sci Agric Sin*, 44 (10): 2094–2100 (in Chinese with English abstract) [安华明, 刘明, 杨曼等(2011). 刺梨有机酸组分及抗坏血酸含量分析. *中国农业科学*, 44 (10): 2094–2100]
- An YH, Lu MT, Lu X, et al (2020). *Rosa roxburghii* Tratt wine can improve glucose metabolism disorder in type 1 diabetic rats through insulin-PI3K pathway. *Mod Food Sci Technol*, 36 (7): 1–9 (in Chinese with English abstract) [安玉红, 陆敏涛, 卢秀等(2020). 刺梨果酒通过胰岛素介导的PI3K途径改善1-型糖尿病大鼠机体糖代谢紊乱. *现代食品科技*, 36 (7): 1–9]
- Cao JJ, Yang WJ, Cao Y (2018). Anti-fatigue and antioxidant activity of the polysaccharides isolated from *Rosa roxburghii* Tratt. *f. normalis* Rehd. et Wils. *J Basic Chin Med*, 24 (4): 474–476, 481 (in Chinese with English abstract) [曹晶晶, 杨卫杰, 曹轶(2018). 刺梨多糖的抗氧化和抗疲劳研究. *中国中医基础医学杂志*, 24 (4): 474–476, 481]
- Chen Q, Li C, Huang T, et al (2019). Physicochemical characterization, *in vitro* antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity of polysaccharides from *Rosa sterilis* fruit. *Mod Food Sci Technol*, 35 (11): 114–119, 253 (in Chinese with English abstract) [陈庆, 李超, 黄婷等(2019). 刺梨多糖的理化性质、体外抗氧化和 α -葡萄糖苷酶抑

- 制活性. 现代食品科技, 35 (11): 114–119, 253]
- Dai TT, Li QJ, Nan Y, et al (2015). Chemical components of antioxidant activity parts of *Rosa roxburghii* fruit. Chin J Exp Tradit Med Formulae, 21 (21): 62–65 (in Chinese with English abstract) [代甜甜, 李齐激, 南莹等(2015). 刺梨抗氧化活性部位的化学成分. 中国实验方剂学杂志, 21 (21): 62–65]
- Dai ZK, Yu LM, Yang XS, et al (2011). Inhibition of triterpenoid CL1 from *Rosa roxburghii* on human adenocarcinoma of endometrium. Lishizhen Med Mater Med Res, 22 (7): 1656–1658 (in Chinese) [戴支凯, 余丽梅, 杨小生等(2011). 刺梨三萜化合物CL1体外抗人子宫内膜腺癌作用. 时珍国医国药, 22 (7): 1656–1658]
- Du W, Liu GW (2003). Determination of total flavonoids in *Rosa Roxburghii* Tratt. and resource utilization. Food Sci, 24 (1): 112–114 (in Chinese) [杜薇, 刘国文(2003). 刺梨总黄酮的含量测定及资源利用. 食品科学, 24 (1): 112–114]
- Fang HZ, Lu M, An HM (2019). Establishment of leaf callus culture system and contents of main active substances of *Rosa roxburghii*. Plant Physiol J, 55 (8): 1147–1155 (in Chinese with English abstract) [房洪舟, 鲁敏, 安华明(2019). 刺梨叶片愈伤组织培养体系建立及其主要活性物质分析. 植物生理学报, 55 (8): 1147–1155]
- Gu JF (2016). 2015 report on Chinese Nutrition and Chronic Disease. Acta Nutr Sin, 38 (6): 525–529 (in Chinese) [顾景范(2016). 《中国居民营养与慢性病状况报告(2015)》解读. 营养学报, 38 (6): 525–529]
- Gu JJ, Li XH (2018). Observation of exogenous nitric oxide regulates MEK/ERK signal pathway and promotes mucosal repair in gastric ulcer rates. J Clin Exp Med, 17 (22): 2378–2382 (in Chinese with English abstract) [顾俊俊, 李兴华(2018). 外源性一氧化氮调控MEK/ERK信号通路促进胃溃疡大鼠黏膜修复的实验观察. 临床和实验医学杂志, 17 (22): 2378–2382]
- Gu RH, Hong LY, Long CL (2013). The ways of producing secondary metabolites via plant cell culture. Plant Physiol J, 49 (9): 869–881 (in Chinese with English abstract) [谷荣辉, 洪利亚, 龙春林(2013). 植物细胞培养生产次生代谢物的途径. 植物生理学报, 49 (9): 869–881]
- Guo JJ, Lu JR, Luo J, et al (2017). Pilot study on the hypoglycemic effect of the tea of *Rosa roxburghii* Tratt on diabetic mice. Chin J Ethnomed Ethnopharm, 26 (14): 50–53 (in Chinese with English abstract) [郭建军, 陆锦锐, 罗俊等(2017). 刺梨茶对糖尿病小鼠血糖的影响. 中国民族民间医药, 26 (14): 50–53]
- Hou L, Rong F (2010). Expression and significance of TFF2 in human gastric cancer and precancerous condition. J Changzhi Med Coll, 24 (1): 13–15 (in Chinese with English abstract) [侯亮, 荣芳(2010). 三叶因子II在不同胃黏膜病变中的表达及意义. 长治医学院学报, 24 (1): 13–15]
- Jian CD, Tang XL, Huang XH, et al (2017). Clinical study on anti-atherosclerosis effect of oral administration of roxburgh rose juice in patients with cerebral infarction. Asia-Pac Trad Med, 13 (3): 136–137 (in Chinese) [简崇东, 唐雄林, 黄晓华等(2017). 脑梗死患者口服刺梨汁抗动脉粥样硬化临床研究. 亚太传统医药, 13 (3): 136–137]
- Li D, Wang YD, Cai XH, et al (2018). Effect of flavonoids from *Rosa roxburghii* Tratt on cardiac structure, function and the expression of signal transducer and transcriptional promoter 1 protein in ventricular myocardium of rats with heart failure. J Xinxiang Med Univ, 35 (7): 558–562 (in Chinese with English abstract) [李丹, 王一迪, 蔡新华等(2018). 刺梨黄酮对心力衰竭大鼠心脏结构、功能及心室肌信号传导子和转录活化子1蛋白表达的影响. 新乡医学院学报, 35 (7): 558–562]
- Li QJ, Nan Y, Qin JJ, et al (2016). Chemical constituents from medical and edible plants of *Rosa roxburghii*. China J Chin Mater Med, 41 (3): 451–455 (in Chinese with English abstract) [李齐激, 南莹, 秦晶晶等(2016). 药食两用植物刺梨的化学成分研究. 中国中药杂志, 41 (3): 451–455]
- Li ZG, Lai PH, Li SL, et al (2020). Regulation of ascorbic acid on the physiology and biochemistry and the expression of genes related to oxidation and regeneration of sugarcane protoplasts. Plant Physiol J, 56 (6): 1248–1258 (in Chinese with English abstract) [李志刚, 赖沛衡, 李素丽等(2020). 抗坏血酸对甘蔗原生质体生理生化及抗氧化和再生相关基因表达的调控. 植物生理学报, 56 (6): 1248–1258]
- Liang ML, Li Q, Long YB, et al (2019). Identification of chemical constituents of *Rosa roxburghii* and their antibacterial activities. Guizhou Agric Sci, 47 (5): 10–13 (in Chinese with English abstract) [梁梦琳, 李清, 龙勇兵等(2019). 刺梨的化学成分鉴定及其抗菌活性. 贵州农业科学, 47 (5): 10–13]
- Lin T, Li JL, Fu YH, et al (2017). Determination of amino acids in *Rosa sterilis* and wild *Rosa roxburghii* by HPLC. Shandong Chem Ind, 46 (18): 76–79 (in Chinese with English abstract) [林陶, 李婕玲, 付远洪等(2017). 无籽刺梨与野生刺梨果实的氨基酸含量及组成. 山东化工, 46 (18): 76–79]
- Liu MH, Zhang Q, Zhang YH, et al (2016). Chemical analysis of dietary constituents in *Rosa roxburghii* and *Rosa sterilis* fruits. Molecules, 21: 1204
- Liu WL, Ji Y, Huang AX (2019). Research and development progress of β -sitosterol. Farm Prod Processing, (1): 77–82 (in Chinese with English abstract) [刘威良, 姬昱, 黄艾祥(2019). β -谷甾醇的研究及开发进展. 农产品加工, (1):

- 77–82]
- Lu M, An HM, Zhao XH (2015). Analysis of amino acids in *Rosa roxburghii* and *Rosa sterilis* fruit. *Food Sci*, 36 (14): 118–121 (in Chinese with English abstract) [鲁敏, 安华明, 赵小红(2015). 无籽刺梨与刺梨果实中氨基酸分析. *食品科学*, 36 (14): 118–121]
- Lu XT, Bao SJ (2002). Effect of polysaccharides from fructus *Rosae roxburghii* on stress tolerance and immune function. *J Guangzhou Univ Tradit Chin Med*, 19 (2): 141–142 (in Chinese with English abstract) [路筱涛, 鲍淑娟(2002). 刺梨多糖对小鼠抗应激功能和免疫功能的影响. *广州中医药大学学报*, 19 (2): 141–142]
- Luo SY, Tan BB, Wei Y, et al (2000). Effective of *Rosa roxburghii* Trait on Na^+ , K^+ -ATPase activity of erythrocyte membrane in aging model mice. *Acta Acad Med Zunyi*, 23 (3): 204–205 (in Chinese with English abstract) [罗素元, 谭兵兵, 魏玉等(2000). 刺梨对衰老小鼠红细胞膜 Na^+ 、 K^+ -ATP酶活性的影响. *遵义医学院学报*, 23 (3): 204–205]
- Luo SY, Tan BY, Liao JW, et al (2002). Stereological study on protective effects of *Rosa roxburghii* on renal mitochondrial injury in aged mice. *J Sichuan Tradit Chin Med*, 20 (1): 8–9 (in Chinese) [罗素元, 谭兵兵, 廖吉文等(2002). 刺梨对衰老小鼠肾脏线粒体损伤保护作用的体视学研究. *四川中医*, 20 (1): 8–9]
- Qin ZJ, He YL, He T, et al (2012). Regulation of *Rosa roxburghii* juice on hematopoietic function in myelosuppressive mice. *Drug Eval Res*, 35 (6): 435–438 (in Chinese with English abstract) [覃志坚, 何印蕾, 何涛等(2012). 刺梨汁对骨髓抑制小鼠造血功能的调控作用. *药物评价研究*, 35 (6): 435–438]
- Sevrioukova IF (2011). Apoptosis-inducing factor: structure, function, and redox regulation. *Antioxid Redox Sign*, 14 (12): 2545–2579
- Shi XB, Gu Y, Zhuang YY, et al (1998). Analysis of superoxide dismutase content in *Rosa roxburghii*. *Chin Wild Plant Res*, 17 (4): 49–52 (in Chinese) [史肖白, 顾姻, 庄一义等(1998). 刺梨超氧化物歧化酶含量分析. *中国野生植物资源*, 17 (4): 49–52]
- Stephenie S, Chang YP, Gnanasekaran A, et al (2020). An insight on superoxide dismutase (SOD) from plants for mammalian health enhancement. *J Funct Foods*, 68: 103917
- Tian HZ, Zhou YM, Zhao YB, et al (2009). Quantitative analysis of rutin in *Rosa roxburghii* Tratt fruit by HPLC. *Food Sci*, 30 (10): 203–205 (in Chinese with English abstract) [田宏哲, 周艳明, 赵瑛博等(2009). 刺梨中芦丁成分的定量测定. *食品科学*, 30 (10): 203–205]
- Wang JJ, Liu XZ, Liu XL, et al (2001). Effect of *Rosa roxburghii* Tratt juice on atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. *Chin J Arterioscler*, 9 (1): 17–20 (in Chinese with English abstract) [汪俊军, 刘小传, 刘效林等(2001). 刺梨汁对金黄地鼠的抗动脉粥样硬化作用. *中国动脉硬化杂志*, 9 (1): 17–20]
- Wang L, Zhang B, Xiao J, et al (2018). Physicochemical, functional, and biological properties of water-soluble polysaccharides from *Rosa roxburghii* Tratt fruit. *Food Chem*, 249: 127–135
- Xie GF, Xu XY, Wang R, et al (2017). Analysis of phenolic, Vc and antioxidant activity of fruits and leaves of *Rosa sterilis* D. Shi. *Plant Sci J*, 35 (1): 122–127 [谢国芳, 徐小燕, 王瑞等(2017). 金刺梨果实和叶中酚类、Vc含量及其抗氧化能力分析. *植物科学学报*, 35 (1): 122–127]
- Xu P, Liu X, Xiong X, et al (2017). Flavonoids of *Rosa roxburghii* Tratt exhibit anti-apoptosis properties by regulating PARP-1/AIF. *J Cell Biochem*, 118 (11): 3943–3952
- Xu P, Zhang WB, Cai XH, et al (2014). Flavonoids of *Rosa roxburghii* Tratt act as radioprotectors. *Asian Pac J Cancer P*, 15 (19): 8171–8175
- Yang JT, Yang J, Xie H, et al (2008). The antioxidative activities of crude and pure polysaccharides from *Rosa roxburghii* *in vitro*. *Sci Technol Food Ind*, 29 (2): 94–96 (in Chinese with English abstract) [杨江涛, 杨娟, 谢红等(2008). 刺梨多糖粗品与纯品体外抗氧化作用. *食品工业科技*, 29 (2): 94–96]
- Yang MZ, Peng S, Wang H (2006). Analysis of polysaccharide content in *Rosa roxburghii* from different habitats. *Stud Trace Elem Health*, 23 (5): 69–70 (in Chinese) [杨茂忠, 彭石, 王惠(2006). 不同产地的刺梨多糖含量分析. *微量元素与健康研究*, 23 (5): 69–70]
- Ye H, Ma YX, Chen SY (1999). The effect of oral liquid extracted from natural plant fruit “cili” (*Rosa roxburghii* Tratt), tribusponin and “DHA+EPA” on the immune function and free radical metabolism. *Geriatr Health Care*, 5 (2): 85–86 (in Chinese with English abstract) [叶红, 马永兴, 陈淑英(1999). 刺梨口服液、心脑血管舒通、鱼油烯康对老年及老年前期免疫功能及自由基代谢的作用. *老年医学与保健*, 5 (2): 85–86]
- Yuan HF, Zhang YC, Cai XH, et al (2019). Protective effect of flavonoids of *Rosa roxburghii* Tratt on myocardial cytotoxicity induced by doxorubicin. *Acta Anat Sin*, 50 (1): 49–55 (in Chinese with English abstract) [阮慧芳, 张永春, 蔡新华等(2019). 刺梨黄酮对阿霉素所致心肌细胞毒性的保护作用. *解剖学报*, 50 (1): 49–55]
- Zhang C, Liu X, Qiang H, et al (2001). Inhibitory effects of *Rosa roxburghii* Tratt juice on *in vitro* oxidative modification of low density lipoprotein and on the macrophage growth and cellular cholesteryl ester accumulation induced by oxidized low density lipoprotein. *Clin Chim Acta*, 313: 37–43

- Zhang JS, Zhang WY, Yao EM, et al (2007). Analysis of fatty acids of *Rosa roxburghii* Tratt seed oil by GC-MS. *J Chin Cereals Oils Assoc*, 22 (3): 85–87 (in Chinese with English abstract) [张峻松, 张文叶, 姚二民等(2007). 刺梨籽油中脂肪酸成分的GC-MS分析. *中国粮油学报*, 22 (3): 85–87]
- Zhang XL, Qu WJ, Sun B, et al (2004). The preventive effect of flavonoid of *Rosa roxburghii* Tratt on diabetic mice. *Acta Nutr Sin*, 26 (6): 474–476 (in Chinese with English abstract) [张晓玲, 瞿伟菁, 孙斌等(2004). 刺梨黄酮对实验性糖尿病的预防作用. *营养学报*, 26 (6): 474–476]
- Zhang XL, Qu WJ, Sun B, et al (2005). The antioxidative activity of flavonoids from *Rosa roxburghii* Tratt. *Nat Prod Res Dev*, 17 (4): 396–400 (in Chinese with English abstract) [张晓玲, 瞿伟菁, 孙斌等(2005). 刺梨黄酮的体外抗氧化作用. *天然产物研究与开发*, 17 (4): 396–400]
- Zheng B, Qin JS, Zhang W (2017). Effect of cili juice on superoxide dismutase, malondialdehyde and prostaglandin E₂ of experimental gastric ulcer rats. *Chin Arch Tradit Chin Med*, 35 (4): 991–993 (in Chinese with English abstract) [郑波, 秦建设, 张薇(2017). 刺梨汁对实验性胃溃疡大鼠超氧化物歧化酶、丙二醛及前列腺素E₂的影响. *中华中医药学刊*, 35 (4): 991–993]
- Zhou GZ, Lu M, An HM (2019). Analysis of main active substances and antioxidant activities in leaves of *Rosa roxburghii* and the two related species. *J Nucl Agric Sci*, 33 (8): 1658–1665 (in Chinese) [周广志, 鲁敏, 安华明(2019). 刺梨及其近缘种质叶片主要活性物质含量及抗氧化性分析. *核农学报*, 33 (8): 1658–1665]
- Zhou HY, Tang W, Jiang J, et al (2016). Effects of β -sitosterol and stigmasterol on non-alcoholic fatty liver disease *in vitro*. *Acta Nutr Sin*, 38 (5): 456–461 (in Chinese with English abstract) [周海玥, 汤威, 姜婧等(2016). β -谷甾醇与豆甾醇对非酒精性脂肪肝作用的体外研究. *营养学报*, 38 (5): 456–461]
- Zhu J, Zhang B, Wang B, et al (2019). *In-vitro* inhibitory effects of flavonoids in *Rosa roxburghii* and *R. sterilis* fruits on α -glucosidase: effect of stomach digestion on flavonoids alone and in combination with acarbose. *J Funct Foods*, 54: 13–21