

香椿化学成分与保健功能研究进展

陈 刚¹, 杨玉珍¹, 马 晓²

(1. 郑州师范学院 生命科学系, 河南 郑州 450044; 2. 河南职业技术学院 环境艺术工程系, 河南 郑州 450046)

摘 要:该文总结了近年来香椿化学成分的研究结果,并对香椿的降血糖、抗肿瘤、抗菌、消炎、降血脂等特殊保健功能进行了综述。建议今后应加强各地香椿栽培种营养素含量的比较研究,筛选出营养素含量有优势的品种加以推广;规范香椿嫩叶采摘时间,在嫩叶最具营养价值时上市销售,以充分发挥香椿的营养功能。

关键词:香椿;化学成分;保健功能;研究进展

中图分类号:S 644.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)20-0189-04

香椿(*Toona sinensis* Roem)属楝科落叶乔木,原产于中国,广泛分布于长江南北,偶数(稀奇数)羽状复叶,圆锥花序,两性花白色,长椭圆形蒴果,翅状种子,可播种繁殖。香椿叶厚芽嫩,香味浓郁,有“树上蔬菜”的美誉,且营养之丰富远高于其它蔬菜。香椿味苦、性温、无毒,其嫩芽、根皮、果实可入药,有止血固精、清热收敛、去燥湿、消炎解毒之功效;对疮疖、白秃、风痘、赤痢、赤白带、跌打肿痛有较好的疗效,并可预防肿瘤。因此,对香椿的研究也较多。

1 香椿的挥发性化学成分

香椿特殊的香味令较多研究者对其挥发性成分产生浓厚的兴趣。刘信平等^[1]从香椿叶和茎中分离并鉴定出 53 个组分。其主要挥发性成分为:桉叶烯(5.67%)、杜松烯(5.49%)、8-异丙烯基-1,5-二甲基-

1,5-环癸二烯(5.37%)、1-异丙基-4,7-二甲基-1,2,3,5,8a-六氢化萘(5.88%)、2,4,4-三甲基-3-甲醇-5-(3-甲基-2-丁烯-1-基)环己烯(5.65%)、1-异丙基-4-甲基-7-亚甲基-1,2,3,4,4a,5,6,7-八氢化萘(5.87%)等。李国成等^[2]对香椿树皮的化学成分进行研究,鉴定了 8 个化合物,其结构分别为二十碳酸乙酯、正二十六烷醇、 β -谷甾醇、槲皮素、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷、5,7-二羟基-8-甲氧基黄酮、杨梅素和杨梅苷。香椿籽的化学成分也有较多相关研究。侯丽等^[3]在香椿籽中寻找具有杀虫及药用的活性成分,从香椿籽中分离鉴定了 6 个化合物。王昌禄等^[4]比较了从河南、湖北、陕西 3 地采集的香椿籽样品的挥发油含量和化学成分的差异,共鉴定出 52 种化学成分,3 种挥发油均含有的主要成分是 α -波旁烯、 γ -榄香烯、石竹烯及马兜铃烯;挥发油成分集中分布在 C10~C15 范围内,以分子量 204 的同分异构体居多;河南产香椿籽中挥发油成分种类远远高于湖北、陕西产香椿籽中的挥发油,其中菖蒲二烯、香木兰烯、A-雪松烯、白菖烯、A-蒎烯等挥发性风味物质为其独有。

第一作者简介:陈刚(1979-),男,硕士,讲师,现主要从事植物功能成分的教学工作。E-mail:chgangmx@163.com.

基金项目:河南省科技攻关计划资助项目(112102110153);郑州市科技攻关资助项目(10PTGN449-4)。

收稿日期:2013-05-20

Research Progress on Tomato Transformation Factors and Its Application

HE Xi-qiang, XU Heng-jian, ZHAO Ru-feng

(College of Life Sciences, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049)

Abstract: On the basis of an introduction about the infecting factors on agrobacterium-mediated transformation of tomato and its application in transgenic, the important influencing factors such as the strain of agrobacterium, the type of vector, the age of seedling, the kind of explants, pre-culture and co-culture, the density and time of infection, and the type and density of antibiotics in agrobacterium-mediated transformation of tomato were summarized. The application value and achievement of tomato transgenic were reviewed.

Key words: tomato; agrobacterium-mediated; genetic transformation; progress

2 香椿的营养成分

香椿的营养素种类齐全且丰富,一般 1.0 kg 鲜嫩芽含蛋白质 98 g、脂肪 8 g、糖类 72 g、胡萝卜素 90 mg、维生素 B₁ 21 mg、维生素 B₂ 1.3 mg、维生素 C 1.15 g、钙 1.1 g、磷 1.2 g、铁 34 mg。但是不同地区、不同种源、不同采摘期等因素也影响着香椿营养素的含量,对此也有较多研究。

周启文等^[5]认为不同香椿品种的可溶性蛋白、可溶性糖、脂肪和维生素 C 含量差异明显,其变幅依次为 5.22~8.30 mg/100g、0%~4.32%、0.60%~9.57%,53.80~113.00 mg/100g;综合营养品质最好的品种是红香椿,营养品质最差的是褐香椿。葛多云等^[6]测定了香椿叶中氨基酸和营养元素的含量,表明香椿叶中含有丰富的氨基酸和营养元素,氨基酸总量为 27.43%,其中必需氨基酸占氨基酸总量的 32.45%;钾、钙、镁、钠、铁、锰、锌、铜的含量分别为 20 287、5 623、3 218、807、187、46.5、58.6、25.2 μg/g。

王鹏程等^[7]研究认为同一时期不同种源间氨基酸、蛋白质、可溶性糖含量差异较大,通过对同一种源的香椿芽在不同时期营养成分差异比较,确定了在湖北省露地栽培香椿适宜的采芽时间为 4 月 5 日,此时椿芽营养成分最高。陈德根等^[8]通过 4 次不同的采摘时期综合评定 10 个种源香椿芽菜的感官品质及营养成分的动态变化,研究结果认为试验范围内贵州黔西南州的种源食用价值最高,品质最好。杨玉珍等^[9]对 6 个不同种源香椿芽菜在 4 个不同采摘时期营养成分的变化进行的研究表明,南京地区香椿芽菜的合理采收期应控制在 4 月 5 日左右,此时其氨基酸、蛋白质含量较高。

李传坤等^[10]研究发现不同种源的香椿芽菜与芽苗菜在蛋白质和维生素 C 含量方面,芽菜含量普遍高于芽苗菜含量,其中蛋白质含量相差最大的为 0.96 mg/g,维生素 C 含量相差最大的为 3.16 mg/100g,但在游离氨基酸含量方面,5 个种源芽苗菜含量均高于芽菜。

3 香椿的保健功能

传统医学认同了香椿的各项药学价值,现代科学研究也证明了香椿的各种提取物具有抗氧化、降血糖等功能,部分研究还把注意力集中在香椿提取物中特定成分的特定生物功能上,这些成果均具有普遍临床意义。

3.1 抗氧化作用

Yang 等^[11]的研究认为香椿提取物或许能预防人脐静脉内皮细胞氧化损伤,也说明了香椿应能用于治疗自由基相关疾病与动脉粥样硬化。还能增加试验鼠肝的抗氧化酶类(过氧化氢酶、Cu/ZnSOD、谷胱甘肽过氧化物酶、谷胱甘肽还原酶、谷胱甘肽转硫酶)的活性,表明香椿提取物利于肝脏解毒^[12]。香椿籽多酚类成分具有

良好的还原能力,对羟基自由基($\cdot\text{OH}$)、超氧阴离子自由基(O_2^-)、烷氧基($\text{LO}\cdot$)和烷过氧基($\text{LOO}\cdot$)均有明显的抑制作用,且呈一定的量效关系。香椿籽酚清除自由基能力比抗坏血酸弱,但是总还原能力强于抗坏血酸^[13]。王玉荣等^[14]对 5 个样品抗氧化活性进行排序:维生素 C>茶叶>香椿老叶>银杏叶>BHT(2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚)($P<0.05$)。在 50~200 μg/mL 的浓度范围内,香椿老叶的 DPPH 自由基清除率远大于同浓度的 BHT($P<0.05$),与同浓度维生素 C 相当($P>0.05$)。刘金福等^[15]证明了香椿叶提取物的总酚含量为 427.53 mg/g,样品的抗氧化活性达到 807.64 μmol/g 维生素 C 当量。

张林魁等^[16]研究表明香椿蛋白可明显提高小鼠血清 SOD 活性,高剂量香椿蛋白可明显增加 GSH-Px 的含量、脾脏指数和巨噬细胞的吞噬率,认为香椿蛋白具有一定的体内抗氧化能力,对小鼠非特异性免疫也有一定的促进作用。

3.2 降血糖作用

超临界 CO₂ 萃取的非极性香椿提取物能预防试验鼠糖尿病和脂肪肝的恶化,同时还能预防甘油三酯的升高,并能防止脂肪细胞因子水平的降低^[17]。能增加试验鼠血浆中胰岛素的含量,促进脂肪组织中葡萄糖运载载体 4mRNA 的转录和翻译,具有降血糖的功能^[18]。

香椿总黄酮对糖尿病小鼠及正常小鼠血糖的影响时发现,高剂量(0.06、0.12 g/kg)香椿总黄酮组血糖下降百分率可达 16.05%,与模型组比较,差异有统计学意义($P<0.05$),试验表明 0.12 g/kg 香椿总黄酮对四氧嘧啶所致的糖尿病小鼠有降血糖作用^[19]。香椿叶总黄酮还能降低早期糖尿病肾病模型大鼠的血糖值,提高 SOD 活力,降低 MDA 水平,表明香椿叶总黄酮具有降血糖作用,对早期糖尿病肾病引起的氧化应激损伤具有一定保护作用^[20]。邢莎莎等^[21]发现香椿籽多酚对链脲佐菌素所致糖尿病模型小鼠有降血糖作用。

3.3 抗肿瘤作用

国外研究者发现香椿提取物(TSL2)对人卵巢癌细胞具有选择性和细胞毒性,TSL2 能在 G2/M 期阻止人卵巢癌细胞的生长,并能诱导这些癌细胞进入细胞凋亡途径;对接种了人卵巢癌细胞的试验鼠进行腹腔注射 TSL2 的试验表明,香椿水提物能抑制上述癌细胞的增殖,同时没有明显的肾脏、肝脏中毒和骨髓抑制现象^[22]。血管内皮生长因子的表达和释放能被香椿提取物显著抑制,香椿提取物处理能延迟灌注了人早幼粒白血病细胞的试验鼠的肿瘤发生率^[23]。陈玉丽等^[24]发现香椿叶提取物的各萃取部位能抑制人胃腺癌细胞 SGC-7901 和白血病细胞 K562 的增殖,有较强的体外抗肿瘤活性。香椿提取物可以显著抑制人肠癌细胞 Caco-2、肝癌细胞

HepG2 和乳腺癌细胞 MCF-7 的生长,其 EC_{50} 分别为 (4.00 ± 0.39) 、 (153.16 ± 13.49) 、 $(193.46 \pm 14.68) \mu\text{g/mL}$ 。香椿叶提取物的生物活性指数(BI)约 283,肠癌细胞 Caco-2 对提取物的敏感性超过了乳腺癌细胞 MCF-7 和肝癌细胞 HepG2^[15]。还有研究证明了香椿提取物对非小细胞肺癌有潜在抑制作用^[25]。

3.4 抗菌作用

体外抑菌试验表明香椿皮水煎液及乙醇处理后的水煎液对大肠杆菌‘C83902’、沙门氏菌 C500、葡萄球菌‘CAU0183’的最小抑菌浓度为 0.125 g/mL ,对大肠杆菌‘K88’分离株的最小抑菌浓度为 0.25 g/mL ^[26]。香椿皂苷对大肠杆菌、变形杆菌、产气杆菌都具有一定的抑菌作用,而且抑菌活性在浓度为 1.0 mg/mL 时最大^[27]。欧阳杰等^[28]发现香椿嫩芽萃取物的抗菌活性明显高于老叶萃取物,其中嫩芽萃取物的乙酸乙酯部分表现出最强的抗菌活性,其最小抑菌浓度为 1.3 mg/mL ,还发现香椿叶中的抑菌物质随着生长时间的延长而逐渐降低。田迪英等^[29]证明了香椿浸出汁对细菌有较强的抑制作用,对真菌几乎无抑制作用。这些研究为香椿提取物在抗菌方面的应用提供了部分理论依据。

3.5 消炎作用

李红月等^[30]制作大鼠心肌缺血再灌注损伤模型,发现香椿籽总多酚低剂量(XD)、中剂量(XZ)、高剂量组(XG)组与模型组相比,血清 IL-6 含量显著下降。XD, XZ, XG 组大鼠血清 TNF- α 水平与之相比显著降低。香椿籽总多酚给药组大鼠 NF-kBp65/ β -actin 与模型组相比显著降低;还发现香椿籽总多酚组与模型组相比,大鼠心肌细胞的形态学损伤较轻,证明了香椿籽、 1.5 g/kg 香椿叶水提物灌胃给药能明显抑制对二甲苯所致小鼠耳廓肿胀,对角叉菜胶所致正常大鼠足肿胀,香椿叶水提物高、低剂量组注射 3 h 和 2 h 后与对照组比较可明显抑制;低、高剂量香椿叶水提物可降低肿胀足爪组织中 NO 及前列腺素 E_2 含量;低剂量香椿叶水提物可降低血清中 NO 含量;证明了香椿叶水提物可能通过影响炎症介质释放和减少 NO 的生成而起到抑制角叉菜胶性大鼠足肿胀作用。

3.6 降血脂作用

张京芳等^[32]探讨了香椿叶提取物(TLE)对高脂血症小鼠脂质代谢的调节作用及抗氧化功能,试验表明 TLE 能显著降低高脂血症小鼠血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)水平,升高高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)的浓度,同时 LDL/HDL 水平亦显著下降;试验还发现 TLE 能降低小鼠肝指数和肝脏 TC 及 TG 含量,提高血清总抗氧化力(FARP)水平,改善血清和肝脏超氧化物歧化酶(SOD)及血清谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的活性,并能降低血清和肝

脏 MDA 含量。从而得出了 TLE 具有调节脂质代谢和增强抗氧化功能的作用,可减少高脂膳食导致的氧化损伤的结论。

3.7 其它功能

Chen 等^[33]2008 年首次发现香椿嫩叶提取物能抑制 SARS 病毒的复制,提出香椿嫩叶可能是一种重要的应对 SARS 的材料,还能预防硫代乙酰胺所致的试验鼠肝纤维化^[34]。

4 小结

香椿的化学成分非常复杂,应加强这些化学成分的分离鉴定,特别是具有药学作用的成分。

香椿营养价值较高,蛋白质、维生素 C 含量丰富,各地方香椿营养素含量不尽相同,但 4 月 5 日前后采摘的香椿营养价值较高是不同研究者的共识。今后应加强各地方香椿栽培种营养素含量的比较研究,筛选出营养素含量有优势的品种加以推广;规范香椿嫩叶采摘时间,在嫩叶最具营养价值时上市销售,充分发挥香椿的营养功能。

香椿的保健功能来源于香椿嫩叶、老叶、籽以及其它部位含有的类黄酮、槲皮素、皂苷和多酚等化合物,有些研究对这些物质的作用机理做了一定探讨。但目前更多的研究人员倾向于将香椿提取物作为一个系统来研究,对于有些疾病应用效果的研究已取得了部分理论成果。但这些成果还不成熟、不完善,应加强香椿提取物对相关疾病抑制作用的深入系统的理论研究,进而加快香椿提取物相关产品的开发与应用,为预防或抑制某些疾病提供更多的选择。

参考文献

- [1] 刘信平,张驰,余爱农,等.香椿挥发性化学成分的研究[J].精细化工,2008,25(1):41-44.
- [2] 李国成,余晓霞,廖日房,等.香椿树皮的化学成分分析[J].中国医院药学杂志,2006,26(8):949-952.
- [3] 侯丽,付艳辉,唐贵华,等.香椿子的化学成分研究[J].云南中医学院学报,2011,34(6):21-23,27.
- [4] 王昌禄,高蕾,刘常金,等.不同产地香椿籽风味物质提取及成分分析[J].食品与机械,2007,23(2):83-85,125.
- [5] 周启文,汪超,欧才维,等.大竹县不同香椿品种的营养品质分析[J].四川林业科技,2011,32(4):117-119.
- [6] 葛多云,邹盛勤.香椿叶中氨基酸和营养元素分析[J].微量元素与健康研究,2005,22(6):23-24.
- [7] 王鹏程,涂炳坤,叶要妹,等.不同时期不同种源香椿芽营养成分分析[J].湖北农业科学,2001(6):56-57.
- [8] 陈德根,郝明灼,梁有旺,等.不同种源香椿芽菜感官品质及营养成分分析[J].林业科技开发,2011,25(3):40-43.
- [9] 杨玉珍,彭方仁,李洪岩,等.不同种源香椿芽菜营养成分的变化研究[J].河南农业科学,2007(4):83-85.
- [10] 李传坤,刘爱兵,陈德根,等.6 个种源香椿芽菜及其芽苗菜营养成分对比[J].林业科技开发,2012,26(3):108-110.
- [11] Yang H L, Chen S C, Lin K Y, et al. Antioxidant activities of aqueous leaf

- extracts of *Toona sinensis* on free radical-induced endothelial cell damage[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2011, 137(1): 669-680.
- [12] Yu W J, Chang C C, Kuo T F, et al. *Toona sinensis* Roem leaf extracts improve antioxidant activity in the liver of rats under oxidative stress[J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 50(6): 1860-1865.
- [13] 邢莎莎, 陈超. 香椿子中多酚类成分体外抗氧化作用研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(14): 7285-7287.
- [14] 王玉荣, 江慎华, 陈勉华, 等. 香椿老叶、银杏叶、茶叶抗氧化活性比较[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(2): 435-437.
- [15] 刘金福, 尤玲玲, 王昌禄, 等. 香椿叶提取物抗氧化和抑制癌细胞增殖的研究[J]. 中南大学学报(医学版), 2012, 37(1): 42-47.
- [16] 张林魁, 夏亚兰, 彭泽萍, 等. 香椿蛋白质对小鼠抗氧化能力及非特异免疫的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(21): 10840-10841, 10856.
- [17] Hsieh T J, Tsai Y H, Liao M C, et al. Anti-diabetic properties of non-polar *Toona sinensis* Roem extract prepared by supercritical-CO₂ fluid[J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 50(3): 779-789.
- [18] Wang P H, Tsai M J, Hsu C Y, et al. *Toona sinensis* Roem (Meliaceae) leaf extract alleviates hyperglycemia via altering adipose glucose transporter 4[J]. Food and Chemical Toxicology, 2008, 46(7): 2554-2560.
- [19] 任美萍, 李春红, 李蓉, 等. 香椿总黄酮对糖尿病小鼠及正常小鼠血糖的影响[J]. 泸州医学院学报, 2012, 35(3): 261-262.
- [20] 李丽华, 赵志刚, 喻丽珍, 等. 香椿叶总黄酮对早期糖尿病肾病大鼠血糖值及血清中 SOD、MDA 水平的影响[J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2012(12): 43-44.
- [21] 邢莎莎, 陈超. 香椿子总多酚对糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(11): 169-171.
- [22] Chang H L, Hsu H K, Su J H, et al. The fractionated *Toona sinensis* leaf extract induces apoptosis of human ovarian cancer cells and inhibits tumor growth in a murine xenograft model[J]. Gynecologic Oncology, 2006, 102(2): 309-314.
- [23] Huang P J, Hseu Y C, Leec M S, et al. In vitro and in vivo activity of gallic acid and *Toona sinensis* leaf extracts against HL-60 human promyelocytic leukemia[J]. Food and Chemical Toxicology, 2012, 50(10): 3489-3497.
- [24] 陈玉丽, 阮志鹏, 林丽珊, 等. 香椿叶提取物的体外抗肿瘤活性[J]. 福建中医药大学学报, 2011, 21(2): 30-32.
- [25] Yang C J, Huang Y J, Wang C Y, et al. Antiproliferative effect of *Toona sinensis* leaf extract on non-small-cell lung cancer[J]. Translational Research, 2010, 155(6): 305-314.
- [26] 陈元坤, 欧红萍, 房春林, 等. 香椿皮及臭椿皮体外抑菌活性测定[J]. 四川畜牧兽医, 2011, 38(5): 27-28.
- [27] 禄文林, 李秀信. 香椿皂苷的提取及抑菌活性的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2008, 29(1): 227-229.
- [28] 欧阳杰, 武彦文, 卢晓蕊, 等. 香椿嫩芽和老叶萃取物抗菌活性的比较研究[J]. 天然产物研究与开发, 2008, 20(3): 427-430.
- [29] 田迪英, 杨荣华. 香椿的抗菌作用研究[J]. 食品工业科技, 2002, 23(11): 21-22.
- [30] 李红月, 陈超. 基于炎症反应的香椿子总多酚抗大鼠心肌缺血再灌注损伤的机制研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(2): 187-190.
- [31] 阮志鹏, 陈玉丽, 林丽珊, 等. 香椿叶水提物对小鼠炎症抑制作用[J]. 中国公共卫生, 2010, 26(3): 334-335.
- [32] 张京芳, 张强, 陆刚, 等. 香椿叶提取物对高血脂症小鼠脂质代谢的调节作用及抗氧化功能的影响[J]. 中国食品学报, 2007, 7(4): 3-7.
- [33] Chen C J, Michaelis M, Hsu H K, et al. *Toona sinensis* Roem tender leaf extract inhibits SARS coronavirus replication[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2008, 120(1): 108-111.
- [34] Fan S, Chen H N, Wang C J, et al. *Toona sinensis* Roem (Meliaceae) leaf extract alleviates liver fibrosis via reducing TGFβ1 and collagen[J]. Food and Chemical Toxicology, 2007, 45(11): 2228-2236.

Research Progress on Chemical Composition and Health Function of *Toona sinensis* Roem

CHEN Gang¹, YANG Yu-zhen¹, MA Xiao²

(1. Department of Life Sciences, Zhengzhou Normal University, Zhengzhou, Henan 450044; 2. Department of Environment Artistic Engineering, Henan Vocational and Technical College, Zhengzhou, Henan 450046)

Abstract: The recent research progress on chemical composition of *Toona sinensis* Roem was summarized, and its health function including hypoglycemic, anti-cancer, anti-bacteria, anti-inflammatory, reducing blood lipid was also described. It recommended that the research on nutrient content in cultivars of *Toona sinensis* Roem should be strengthened, and choosing higher nutrient content ones to be promoted; standard the picking time of new leaves, and be on sale when in the most nutritional value to maximize the nutrient function.

Key words: *Toona sinensis* Roem; chemical composition; health function; progress