

· 专题 ·

栝楼植物不同部位资源化利用策略与途径[△]

张黄琴¹, 刘培^{1*}, 董玲², 李卫文², 朱振华¹, 钱大玮¹, 段金廛^{1*}

1. 南京中医药大学 江苏省中药资源产业化过程协同创新中心/
中药资源产业化与方剂创新药物国家地方联合工程研究中心/

国家中医药管理局中药资源循环利用重点研究室, 江苏 南京 210023;

2. 安徽省农业科学院 园艺研究所, 安徽 合肥 230031

[摘要] 基于本团队建立的中药资源产业化过程循环利用与提质增效模式及适宜技术体系, 本文较为系统地对比栝楼不同部位(果实、根、茎叶)的资源性化学物质、资源价值发现及其资源化利用策略等进行探讨, 以期为实现栝楼深层次系统性开发利用, 提升资源利用效率和效益提供引导和借鉴。

[关键词] 栝楼; 资源性化学物质; 资源价值发现; 开发利用策略

[中图分类号] R282.71 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2019)01-0045-09

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20181224003

Strategies and Approaches of Resource Utilization of Different Parts of *Trichosanthes kirilowii* Maxim.

ZHANG Huang-qin¹, LIU Pei^{1*}, DONG Ling², LI Wei-wen², ZHU Zhen-hua¹, QIAN Da-wei¹, DUAN Jin-ao^{1*}

1. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization,
State Administration of Traditional Chinese Medicine Key Laboratory of Chinese
Medicinal Resources Recycling Utilization, National and Local Collaborative
Engineering Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Formulae
Innovative Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China;
2. Institute of Horticulture, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China

[Abstract] The inefficient use of resources is one of the major causes for the increasing shortage of resources in today's society. Based on the model and the appropriate technical system of recycling and improving quality and synergistic effect in the process of industrialization of traditional Chinese medicine resources established by our team, this paper systematically discussed the resource chemical composition, resource value discovery and resource utilization strategy of different parts of *Trichosanthes kirilowii* Maxim., including fruits, roots, stems and leaves, in order to further develop, utilize and improve their utilization efficiency.

[Keywords] *Trichosanthes kirilowii* Maxim.; chemical compositions; resource value discovery; strategy of development and utilization

栝楼属植物是中国本地起源种, 中国分布有 41 种 8 个变种^[1]。栝楼 *Trichosanthes kirilowii* Maxim. 是 2015 年版《中华人民共和国药典》(《中国药典》)

收录的中药瓜蒌 (*Trichosanthes Fructus*)、瓜蒌皮 (*Trichosanthes Pericarpium*)、瓜蒌子 (*Trichosanthes Semen*) 和天花粉 (*Trichosanthes Radix*) 的基原植物

[△] [基金项目] 中央本级重大增减支项目(2060302)

* [通信作者] 刘培, 副教授, 研究方向: 中药功效物质基础; Tel: (025)85811916, E-mail: liupe@njucm.edu.cn
段金廛, 教授, 博士生导师, 国家“973 计划”项目首席科学家, 中国中药协会中药资源循环利用专业委员会主任委员, 中药产业资源循环利用发展联盟理事长, 中国自然资源学会中药及天然药物资源研究专业委员会主任委员, 研究方向: 中药资源化学与资源循环利用; E-mail: dja@njucm.edu.cn

之一,分布于华北及陕西、甘肃、河南、山东、江苏、安徽、浙江、江西、湖南、湖北、贵州、四川等省^[2]。另一基原植物为双边栝楼 *Trichosanthes rosthornii* Harms, 又称中华栝楼, 多为野生自然分布。由于栝楼适应性强, 种植管理简约, 且经济效益比种植稻麦两季收益高2~4倍, 因此倍受青睐, 正逐步形成农业产业特色品种^[3]。目前全国栝楼生产基地主要集中在安徽、浙江、江西、河北、湖南、山东、江苏等省, 广西、贵州、河南等地有少量引种。栝楼栽培模式分为架式栽培与露地栽培。架式栽培主要作为籽用和全果用生产, 果实当年收获, 根3年后起挖, 主要栽培品种为皖菱系列; 露地栽培分为根用与全果用, 根用一般选择雄株, 当年种植当年采挖, 全果用主要品种为河北的“海市栝楼”。据调查, 2016年全国栝楼种植面积已达约3万多公顷, 主要以采收栝楼籽、生产吊瓜子为主, 同时收集全果、皮、籽和根作药用, 但其资源利用效率较低, 资源价值尚未得到有效挖掘和充分释放。

本文基于团队近年来围绕中药资源产业化过程循环利用与提质增效模式的建立及适宜技术体系的创建^[4], 提出栝楼植物不同部位资源化利用策略与途径, 为栝楼资源产业链的发展提供指引和借鉴。

1 栝楼果实资源化利用策略与途径

据2016年产销分析结果, 我国栝楼鲜果总产量约87.5万吨, 理论折算量可产生干果皮约8万吨。栝楼果实加工过程除可收获瓜蒌皮和瓜蒌子外, 尚有约占果实产量三分之一的果瓢未被利用而废弃。因此, 药材加工过程产生大量的果瓢等下脚料, 造成资源浪费、环境污染。对栝楼果实资源性物质进行系统分析评价和资源价值发现研究, 将对其循环利用和提质增效起到积极的推动作用, 从而实现资源节约、环境友好的目的, 实现经济和生态的和谐共生^[5]。

1.1 精细高值化开发利用策略

栝楼果实的药理作用主要为改善心血管系统及祛痰止咳两方面, 尚具有抗肿瘤、抗溃疡、抗菌及泻下等作用。对栝楼改善心脑血管系统功能的研究较多, 栝楼具有扩张微血管、增加耐缺氧能力、增

加冠脉血流量、保护缺血心肌、抗凝血及降低血清胆固醇等多种活性^[6-7]。栝楼果实所含的三萜类成分主要有两大类, 葫芦烷型的四环三萜和齐墩果烷型的五环三萜。果实中甾醇类化合物种类繁多, 主要有菠菜甾醇、豆甾醇等。栝楼干燥果脂溶性部分含有一种特有的生物碱——栝楼酯碱^[8], 其结构为 α -(苯甲酰胺)-苯丙酸-3-[(1-苯基)亚乙基]氨基-2-羟基丙酯。从栝楼果肉分离得到分子量为50 000的丝氨酸蛋白酶A、B, 它们能被氟磷酸二异丙酯抑制, 但不受半胱氨酸蛋白酶抑制剂和金属螯合物试剂的抑制^[9]。果皮或果实中还含有芦丁、芹菜素、香叶木素、槲皮素、山柰酚及其糖苷类资源性化学物质等。研究初步确定栝楼多糖由鼠李糖、阿拉伯糖和葡萄糖3种单糖组成^[10]。

栝楼种子(瓜蒌子)单用入药最早见于《本草经集注》, 主治痰热咳嗽、燥结便秘、痈肿、乳少。资源性物质分析结果表明, 栝楼种子富含以亚油酸、栝楼酸、油酸等不饱和脂肪酸为主的油脂类成分, 果皮中也含有少量油脂类成分。此外, 从栝楼种子分离得到的分子量27 000 Da的蛋白质即栝楼素(trichokirin), 是一种碱性糖蛋白单链毒素, 可使核糖体失去活性^[11]; 分离得到的两种RIPs: 分子量为8 kD左右的S·TCK和11kD大小的TCK·S^[12]; 核糖体失活蛋白质 α -kirilowin和 β -kirilowin, 分子量分别为27 500 Da和28 800 Da^[13]; 一种分子量57 000 Da的糖蛋白凝集素由分子量分别为37 000 Da和25 000 Da的2个亚单位组成。种子中还有小麦黄素和4', 6-dihydroxy-4-methoxyisourone^[14-15]。栝楼种子由于其中含不饱和脂肪酸、蛋白质及多种氨基酸, 并含有三萜皂苷、多种维生素以及铁、锌、钙、硒等多种微量元素, 具有较高的营养价值。栝楼籽油的半最大效应浓度(EC₅₀)为0.23 mg·mL⁻¹, 而玉米油、芝麻油的EC₅₀分别为0.51 mg·mL⁻¹和0.27 mg·mL⁻¹, 栝楼籽油与芝麻油、玉米油相比, 具有更好的羟自由基去除效果, 可作为理想的保健性食用油^[16]。

本课题组对栝楼果实中的资源性化学成分分析表明, 瓜蒌皮约含葡萄糖及果糖分别达20%; 果瓢中葡萄糖、果糖及多糖含量分别达20%以上; 果实不同部位中多糖含量高低顺序依次为: 果瓢>果皮>种仁, 果瓢多糖类成分含量是果皮的3倍以上。此外, 果瓢色素类含量约为0.2%; 种仁蛋白含量约为

8%。脂肪酸类成分是种仁的特有成分,包含亚麻酸、瓜蒌酸、亚油酸、油酸等,其总量高达40%。同时瓜蒌皮含少量异槲皮苷、芦丁、木犀草苷等黄酮类物质及少量葫芦素B等三萜类成分。对于栝楼果实各部位各类资源性化学成分有针对性地进行精细高值化产品开发,是推动栝楼资源产业由物质消耗向高价值提升转变、延伸资源经济产业链的重要策略。

以栝楼果实不同部位开发的健康产品类型多样,作用各异。例如,以全瓜蒌配伍白芍、金银花、甘草、香附、僵蚕等制成治疗带状疱疹膏药^[17];采用瓜蒌、红枣、桂圆、牛奶为主要原料,并加入山药、枸杞子等制备瓜蒌低糖发酵饮品,可以帮助肾脏排出体内毒素,促进血液循环,促进人体健康^[18];以瓜蒌、枸杞子、红豆等为原料制备瓜蒌奶茶粉,具有清肺化痰、行气宽胸、补血、促进睡眠的作用^[19];研究瓜蒌皮中三萜皂苷提取物抗真菌作用,以其为原料制备能够治疗脚气的药物^[20];以瓜蒌皮配伍桂花、陈皮、桑葚、甘蓝提取物、蓝莓提取物等制备营养保健饮料,对长期胃痛反酸、高血压、腰膝酸软、咽喉肿痛有治疗效果^[21];以瓜蒌子或瓜蒌皮作为主要药效成分制备胃漂浮缓释胶囊,有效延长制剂在胃中的滞留时间,延长内容物中药效分子的释放时间,从而提高药效分子的生物利用度,减少服药次数^[22];瓜蒌皮配伍半夏、牵牛子、荷叶、山楂、决明子、枸杞子等制备瓜蒌皮减肥茶,可排毒养颜、减肥降脂^[23];以瓜蒌皮为原料制得栝楼果脯,有润肺止咳、利咽降火等多种保健功能^[24];瓜蒌皮、芒果皮和枇杷花通过发酵等工艺制得保健酱油^[25];以栝楼果皮作为原料,提取分离资源性化学物质^[26]。

以栝楼果瓢为原料制备栝楼瓢天然防腐剂^[27];以栝楼瓢作为防腐剂,瓜蒌皮水提及醇提液为主要成分制备栝楼天然植物牙膏,具有保持口腔卫生效果明显、抗菌效果佳、安全性高、成本低的特点^[28];栝楼瓢可作为原料,提取栝楼黄色素^[29];以栝楼果瓢为原料,制备栝楼瓢美白霜,其不仅能保持皮肤水分的平衡,还能补充重要的亲水性保湿成分、油性成分,并能作为活性成分和药剂的载体,使之成为皮肤所吸收,达到调理和营养皮肤的目的^[30];以栝楼瓢、干葛粉、菊花粉末、金银花粉末

混合搅拌均匀,烘干后慢火炒热,制备去燥热瓜蒌茶,具有去暑解毒、治肺燥热渴、大肠秘结等作用^[31];栝楼瓢配糯米、粳米、红糖等制备栝楼瓢糕,有清肺化痰、利气宽胸、散结消肿作用^[32];采用双酶法破坏胶质和纤维素的细胞壁,使栝楼瓢细胞内黄色素能够释放,能降低提取液的黏度,制得栝楼黄色素^[33]。

栝楼果瓢、果皮中富含糖类资源性成分,经分离纯化技术制备得多糖、单寡糖部位或者单体,作为制药原料,应用于医药、轻工业、保健等各类资源性产品的开发。研究表明瓜蒌多糖可显著提高免疫抑制小鼠脏器指数、巨噬细胞吞噬能力和淋巴细胞增殖能力,瓜蒌多糖具有良好的免疫增强、抗氧化和心脏毒性保护等活性,具有较高的研究与开发价值^[34-35]。栝楼籽中多糖提取率可达到3.60%左右,该多糖对·OH自由基的清除能力强于柠檬酸和抗坏血酸^[36]。

栝楼果瓢中主含果葡糖浆,是一重要的资源性物质。其理化性质接近于天然果汁,具有水果清香,味觉甜度比蔗糖浓,且有清凉感。果葡糖浆在40℃以下时具有冷甜特性,甜度随温度的降低而升高,可用于清凉饮料和冷食品。果葡糖浆的发酵性能好,用于酵母发酵的食品加工方面优于蔗糖。

栝楼果实具有保护心血管系统及祛痰止咳等药理活性,目前市场栝楼果实相关产品有瓜蒌皮注射液、丹蒌片,其系列资源性产品有待进一步研究开发。

1.2 转化增效资源开发利用策略

通过生物转化技术对中药资源中资源性化学成分、营养基质、生物质能源等物质进行转化,从而提升中药资源利用效率,延伸中药资源经济产业链,实现资源节约、可持续发展的目的^[37]。近年来大量研究表明,生物转化技术(酶转化、细胞转化、微生物转化)和物理化学的转化技术显著提高中药中主要成分的含量、修饰活性物质的结构,扩大药源范围,其转化增效的开发模式对栝楼资源价值开发具有深远意义^[38]。

栝楼果皮、栝楼果瓢中含有丰富的多糖类成分,可作为微生物的营养来源,在代谢过程中分泌果胶

酶、纤维素酶等多种胞外酶,促使果实组织细胞破裂,从而利于资源性化学成分的溶出,提高资源性成分的利用率;另外,多糖类成分可针对性地对其水解或酶解,制备不同分子量段的部位,并验证其活性,提升其资源价值。

研究表明,废弃的栝楼果瓢富含糖类、蛋白质、氨基酸等成分,可在相关酶的辅助下,接种相关菌种,经发酵制备具有风味的栝楼果醋、栝楼果酒或直接发酵蒸馏得到工业乙醇,取得显著的社会-经济-生态效益。

1.3 粗放低值化开发利用策略

中药废弃物亦可直接燃烧或经过简单发酵技术直接或者间接作为燃料、肥料、饲料及添加剂、栽培基质等粗放的能源^[38]。栝楼果实,特别是废弃的果瓢以及过剩的果皮,可经高温热裂解后生成生物炭,或者利用微生物厌氧发酵技术将富含淀粉等多糖类成分转化为乙醇、沼气等生物质能源以及肥料资源,从而部分替代煤炭、石油以及化学肥料。果瓢中富含糖类、核苷、氨基酸、蛋白等营养成分,可开发成动物饲料或饲料添加剂,在消除环境污染的同时给畜牧养殖业提供新型保健饲料。

2 栝楼根资源化利用策略与途径

栝楼最早用药部位是根部。《神农本草经》中将其列为中品,记载“栝楼根,味苦寒,主消渴,身热,烦满,大热,补虚安中,续绝伤,一名地楼”。我国天花粉年需求量约3500~4000 t,主要用于饮片调剂、中成药原料及制备天花粉蛋白作为天花粉蛋白注射液的原料药。然而,3万多公顷的栝楼种植生产远远超出市场对天花粉药材的需求,巨量的栝楼块根未得到有效利用,既造成了资源的巨大浪费,也潜在着不合理利用的社会风险。

目前研究较为深入和转化应用的是栝楼植物根中的天花粉蛋白(TCS)。该蛋白是一种核糖体失活蛋白,抑制细胞内蛋白质的合成,促使细胞内促凝物质外溢,而导致细胞死亡。此外,在根中还发现有葫芦素B、异葫芦素B、葫芦素D、异葫芦素D、23,24-二氢葫芦素D、3-表-异葫芦素B、二氢葫芦素B、二氢异葫芦素B、二氢异葫芦素E等三萜类

成分,该类葫芦烷型四环三萜对乳腺癌、胰腺癌、前列腺癌、肺癌、结肠癌等抑瘤效果显著,可通过诱导细胞凋亡、诱导细胞自噬、阻滞细胞周期、抑制肿瘤转移、破坏细胞骨架以及调节细胞内的信号转导子与转录激活子3、丝裂原激活的蛋白激酶等信号通路来发挥抑瘤作用^[39-40]。研究还认为栝楼属块根提取物对HeLa细胞的细胞毒活性及其细胞增长有抑制作用,效果优于天花粉蛋白。栝楼根煎剂可抑制子宫颈癌HeLa细胞活性,而对巨噬细胞有促进和损伤的双向作用^[41]。Dou等^[42]研究发现天花粉多糖对人乳腺癌MCF-7细胞有生长抑制和诱导凋亡作用,其诱导凋亡的机制可能与Caspase-3、Caspase-8活化有关^[43]。对天花粉蛋白分离纯化及活性的报道较多,研究表明天花粉蛋白具有多种抗肿瘤活性。天花粉蛋白通过激活ERK信号通路,抑制胃癌SGC7901细胞的生长,诱导细胞凋亡^[44]。天花粉蛋白能有效抑制结肠癌细胞的生长,且证实Tyr70、Arg163为天花粉蛋白活性结构中重要氨基酸^[45]。天花粉蛋白能够抑制小鼠B细胞淋巴瘤A20在同种移植模型体内的生长,能够延长荷瘤小鼠的生存时间^[46]。

研究表明,天花粉或其蛋白注射液在异位妊娠、子宫切口瘢痕妊娠等妇产科疾病中有举足轻重的作用^[47-48]。另有学者观察到栝楼根具有改善糖尿病“三多一少”症状、降低血糖和血脂、减少HbA1c含量、增加血清胰岛素含量和增强胰岛素敏感性的作用,减轻T2DM大鼠胰岛β细胞受损程度,能增加细胞中IGF-1的表达^[49]。此外,研究证明天花粉多糖对乳链球菌有一定的抑制作用^[50],天花粉与连翘、金银花配伍能防治牛乳房炎^[51],提示可进一步研发成中兽药产品。

2.1 精细高值化开发利用策略

本课题组对栝楼根中的资源成分进行分析表明,天花粉中含有葫芦素B、葫芦素等葫芦烷型三萜类、10%多糖类、3%蛋白质类等资源性化学物质。

以栝楼根开发的健康产品类型亦较为丰富。以雄栝楼的天花粉或天花粉下脚料发酵制备天花粉饮料,具有增强抵抗力、保护胃肠功能、防治心脑血管疾病、美容护肤、减肥瘦身及延缓衰老的作用,

增加天花粉的深加工方法,使种植农户的经济收入提高11.3%^[52]。以栝楼根为原料提取三萜类化学成分,可用于制备治疗糖尿病的功能食品及药物^[53]。栝楼根配伍茯苓、山药、瞿麦等,用于治疗前列腺炎^[54]。以天花粉配伍桔梗、半夏、瓜蒌等,用于治疗乳腺炎、乳癌^[55]。此外,以天花粉、菱苦土、介孔磷酸铁锂、红线虫干粉、丝瓜络、川槿皮、西红花、土壤调节剂等配伍制成专用于西府海棠的肥料,提高海棠的抗病性和免疫力^[56]。亦有报道将天花粉作为杀虫剂的原料,生产的杀虫剂绿色环保、无毒副作用、杀虫效果较好^[57]。以天花粉为原料,探讨提取溶剂、时间、温度等因素,优化出最佳提取瓜氨酸的方法^[58]。

目前关于栝楼根资源性产品的研究内容主要为与各类药材配伍,发挥抗炎、抗癌、降糖、抗病毒、提高免疫力等药效;或制成杀虫、抑菌、抗病的生物农药、有机肥料应用于特种农业,提升栝楼根的资源利用效率和效益。同时,依据天花粉中各类资源性物质的理化性质及其生物活性,可分别将天花粉蛋白类、多糖类、三萜类等化学成分进行系统的资源价值挖掘,发现一批具有特定功能的医疗保健品或药品前体,为高附加值天花粉系列产品的创制提供科技支撑。

2.2 转化增效资源开发利用策略

以栝楼根及茎叶等组织器官为原料提取三萜类、多糖类、蛋白质类等资源性成分后的副产物及下脚料,经发酵转化生产高活性的纤维素酶,或进一步生物转化生产低聚糖、乳酸、生物乙醇等。天花粉药材加工过程的根头、侧根等木质化程度高的固体废弃物,可经热解炭化生产生物炭。生物炭作为炭基复合肥的载体,可吸附土壤有益微生物及多元微肥,有利于改善土壤碳源、增加呼吸值、改善和修复连作障碍等,实现源于农田、归于农田的中药资源循环利用发展模式和生产方式。

可通过生物转化将生产过剩的大量栝楼块根富含淀粉类多糖物质作为生物乙醇等生物质能源的原料,或可通过初级转化得到市场需要的低聚糖类、营养基质等资源性物质。也可以其淀粉类生物大分子物质为原料经均质、糊化、乳化、消泡等工艺制备可生物降解的地膜、一次性消费盛器等。这些生

物转化策略具有深加工生产技术条件投资少、易掌握、市场需求量大、投资回报率高的特点,从而有效提升其资源利用效率和效益,且符合国家鼓励和支持的绿色产业发展范畴。

栝楼根中含有丰富的多糖类成分,可作为微生物的营养来源,在代谢过程中分泌果胶酶、纤维素酶等多种胞外酶,促使果实组织细胞破裂,从而利于资源性化学成分的溶出,提高资源性成分的利用率;另外,多糖类成分可针对性地对其水解或酶解,制备不同分子量段的部位,并验证其活性,提升其资源价值。

2.3 粗放低值化开发利用策略

在天花粉产地初加工环节,废弃大量的栝楼根皮、根头、根梢等边角料,其中仍含有一定量的糖类、蛋白质类、氨基酸类、核苷及碱基类、维生素类及丰富的矿质元素等营养物质,可因地制宜开发制成动物饲料或饲料添加剂,在增收降耗、减少生态环境污染的同时为畜牧养殖业提供新型保健饲料,产生复合效益。

3 栝楼茎叶资源利用策略与途径

栝楼栽培生产过程均会产生大量的茎叶,除少量用做家庭调剂补充蔬菜外,绝大部分被废弃。栝楼雌雄异株,若以果实为目标产品,实际生产中要在栝楼花蕾出现、容易区分性别时将多余雄株拔除。若以栝楼种子有性繁育的后代,其雄株比例一般均超过90%^[59],则会产生大量的雄株茎叶,尚未加以利用。

栝楼茎叶药用记载最早见于《名医别录》,曰“茎叶,治中热伤暑”。《本草纲目》谓之“酸,寒,无毒”。《本草正义》“瓜蒌茎叶治中热伤暑,以其清芬凉爽,故善涤暑。又其味微酸,自能振刷精力,以御酷暑之炎热”。基于历代本草对栝楼茎叶的功效特点记载以及现代化学与生物活性研究结果的相互支持,为该资源价值的深入挖掘提供了借鉴和启示。

现代研究表明,栝楼茎叶中主要含有木犀草素、金圣草黄素、槲皮素-3-O-芸香糖苷、芹菜素-7-O-β-D-葡萄糖苷、香叶木素-7-O-β-D-葡萄糖苷、芹黄素-6,8-二-O-β-D-葡萄糖苷、山柰酚-3,7-二-O-β-D-葡萄糖苷、山柰酚-3-O-β-葡萄糖苷-7-O-α-鼠李糖苷、

山柰酚-3-O- β -芸香糖苷、山柰酚-3-O- β -槐糖苷、柯伊利素-7-O-D-葡萄糖苷、木犀草素-7-O- β -葡萄糖苷、木犀草素-4'-O- β -葡萄糖苷、木犀草素-3'-O- β -葡萄糖苷、山柰酚-3-O- β -半乳糖苷等黄酮类成分^[60]。初步研究表明, 栝楼茎叶黄酮类物质具有良好的抗氧化、抑菌等活性^[61-62]。此外, 还发现有 cyclotricuspidoside A、cyclotricuspidoside B、cyclotricuspidoside C 等三萜类成分。尚分离得到对羟基苯甲酸甲酯及 3-吡啶甲醛^[63]。

3.1 精细高值化开发利用策略

本课题组对栝楼茎叶中的资源成分进行分析, 发现栝楼茎叶中含有较为丰富的异槲皮苷、芦丁、木犀草苷、木犀草素等黄酮类资源性成分, 多糖类物质含量高于 4%。前期研究提示, 栝楼茎叶含有丰富的黄酮类物质, 具有抗菌、抗氧化、保护心血管等潜在的开发价值^[64]。茎叶多糖除具有较好的抗氧化活性、调节免疫、抗肿瘤、抗辐射等生物效应外, 在抗衰老、调节血糖、抗凝血等方面亦展现出良好活性。由于糖类化学物质与机体相融性好、毒副作用小, 在医药中间体及保健食品的开发利用中具有广阔的应用前景。

以栝楼果瓢、栝楼叶配伍绿茶、柚子皮、茉莉等发酵制备栝楼茶醋饮料, 具有降血脂的作用^[65]。栝楼嫩叶以百香果提取液熏蒸, 制备栝楼叶茶, 具有水果清香, 成茶滋味醇而不苦涩^[66]。栝楼叶配伍瓜蒌子、山楂等制成的饮品具有开胃、消食功能, 栝楼汁味甜, 润嗓, 口感极佳^[67]。栝楼叶与桂花经发酵等工艺制备发酵型桂花瓜蒌茶, 具有排便通肠、美容养颜等作用^[68]。栝楼须及栝楼幼嫩茎密封腌制后得栝楼腌渍菜^[69]。栝楼叶茎经两次发酵、均质、干燥等工艺制备栝楼叶速溶粉, 方法简单, 可进行批量生产, 增加栝楼叶的应用途径, 使种植农户的经济收入提高 18.3%^[70]。

3.2 转化增效资源开发利用策略

基于本草“瓜蒌茎叶治中热伤暑, 以其清芬凉爽, 故善涤暑”之记载, 通过对其功效物质的揭示和原料适宜采收期的确定, 结合中医配伍理论形成特色组方, 开发用于夏季清凉消暑的特色饮品, 必将产生良好的社会效益。

栝楼茎叶富含纤维素类资源性物质, 可经酶解

转化为聚合度不同、可吸收利用的糖类物质, 利用微生物发酵技术或固定化技术可将来源于植物半纤维素的木糖转化为木糖醇, 显著提高茎叶的经济效益。

通过生物质热解技术可将茎叶的废弃物降解形成生物质炭、生物质焦油、生物质醋液和生物质燃气等^[71]; 茎叶亦可经纤维的解离、板坯成型和无胶轻质纤维板的胶合等工艺制备纤维板^[72]。

3.3 粗放低值化开发利用策略

葫芦科植物为人类生活提供了多方面的营养物质资源和健康所需原料, 在食用、药用、观赏等多方面都做出了重要贡献。根据栝楼生长习性和田间管理的要求, 可将其可食用嫩茎叶开发成特色健康蔬菜, 或经初加工支撑盐水栝楼苗、脱水蔬菜等, 既丰富了人们的生活需求, 又可产生一定的经济收益。

栝楼茎叶废弃部位经腐熟处理后, 作为基质用于中药材、蔬菜或果苗的无土栽培, 充分利用其所含的营养成分, 避免了土壤中重金属、农药等有毒物质对药材、蔬菜或水果的污染, 也能避免长期使用化肥等造成的土壤黏结、有机质低以及灰钙土等现象。

通过对栝楼各部位中可利用资源性物质的分析, 探讨其资源化利用途径和系统利用策略, 最终以实现栝楼资源多途径、多层次、精细化利用与产业化。栝楼植物不同部位资源化利用策略与途径如图 1 所示。

资源是人类社会发展的物质基础。资源的利用效率不高是导致当今社会面临资源日益短缺的重要原因。基于本团队建立的中药资源产业化过程循环利用与提质增效模式及适宜技术体系, 较为系统地对栝楼不同部位(果实、根、茎叶)中的资源性化学成分以及资源价值发现进行研究, 同时依据创建的“三大利用策略”和“三类资源化模式”体系对栝楼各部位进行多途径、多层次资源价值发现与资源化利用模式探讨^[4-5, 38]。通过现代生物、化学技术手段, 对目标成分进行加工处理, 提高产品附加值, 为提升栝楼资源的利用效率、挖掘其潜在利用价值提供了有益借鉴, 对于栝楼资源产业链的延伸具有指导意义。

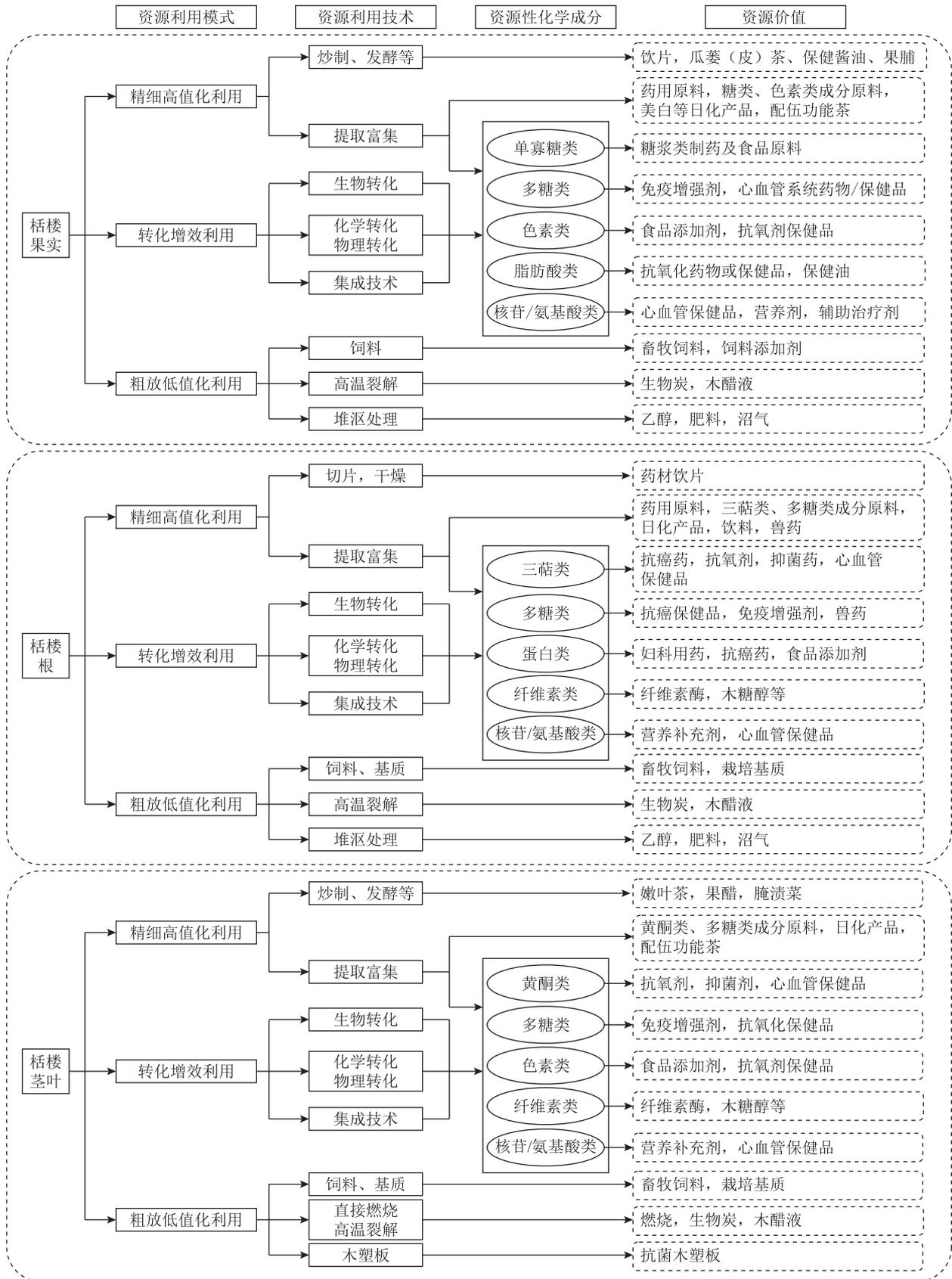


图1 栝楼植物不同部位资源化利用策略与途径

参考文献

- [1] 周涛,黄璐琦,江维克. 栝楼属(葫芦科)植物的系统演化与地理分布[J]. 植物科学学报,2015,33(3):414-423.
- [2] 刘永新. 国家药典中药实用手册:上卷[M]. 北京:中医古籍出版社,2011:33.
- [3] 李真,韩丽丽,管仁伟,等. 瓜蒌的资源、质量与栽培现状分析[J]. 中医研究,2010,23(12):11-14.
- [4] 段金廛. 中药资源化学-理论基础与资源循环利用[M]. 北京:科学出版社,2015.
- [5] 段金廛,宿树兰,郭盛,等. 中药资源产业化过程废弃物的产生及其利用策略与资源化模式[J]. 中草药,2013,44(20):2787-2797.
- [6] 滕勇荣,张永清. 瓜蒌化学成分研究进展[J]. 山东中医药大学学报,2011,35(1):85-86.
- [7] 刘金娜,温春秀,刘铭,等. 瓜蒌的化学成分和药理活性研究进展[J]. 中药材,2013,36(5):843-848.
- [8] YOON E K, YANG J H, LIM J, et al. Study on the extraction and content determination of L-citrulline in *Triihosathes kirilowii* Maxim[J]. Sci Technol Food Ind, 2010, 38(4): 1382-1391.
- [9] SHAW P C, LEE K M, WONG K B. Recent advances in trichosanthin, a ribosome-inactivating protein with multiple pharmacological properties[J]. Toxicon, 2005, 45(6): 683-689.
- [10] 屠婕红,余菁,盛静. 瓜蒌多糖的提取及组分分析[J]. 中国现代应用药学, 2005, 22(3): 239-241.
- [11] KIMURA Y, AKIHISA T, Yasukawa K, et al. Structures of Five Hydroxylated Sterols from the Seeds of *Trichosanthes kirilowii* Maxim[J]. Chem Pharm Bull, 2010, 27(14): 1813-1817.
- [12] SHARMA A, POHLENTZ G, BOBBILI K B, et al. The sequence and structure of snake gourd (*Trichosanthes anguina*) seed lectin, a three-chain nontoxic homologue of type II RIPs[J]. Acta Crystallogr D, 2013, 69(8): 1493-1503.
- [13] NARAYANAN P, MAK N K, LUONG P B, et al. Isolation and characterization of new isoforms of trichosanthin from *Trichosanthes kirilowii* [J]. Plant Sci, 2002, 162(1): 79-85.
- [14] ZHOU G, PENG Y, ZHAO L, et al. Biotransformation of Total Saponins in *Siraitia Fructus* by Human Intestinal Microbiota of Normal and Type 2 Diabetic Patients; Comprehensive Metabolites Identification and Metabolic Profile Elucidation Using LC-Q-TOF/MS[J]. J Agric Food Chem, 2017, 65(8): 1518-1524.
- [15] XU Y, CHEN G, LU X, et al. Chemical constituents from *Trichosanthes kirilowii* Maxim. [J]. Biochem Syst Ecol, 2012, 43(8): 114-116.
- [16] 侯宗坤,高振秋,杨丽,等. 瓜蒌籽油提取工艺优化及其抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2017, 38(6): 261-265.
- [17] 李淑云. 一种治疗带状疱疹膏药:CN 108114142 A[P]. 2018-06-05.
- [18] 翟明安. 一种瓜蒌低糖发酵饮品:CN 107853516 A[P]. 2018-03-30.
- [19] 程有余,程余献,程素芬,等. 一种瓜蒌奶茶粉配方及其加工方法:CN 104256019 A[P]. 2015-01-07.
- [20] 陈德宇,李慧,李陈跟. 瓜蒌皮中三萜皂苷的应用:CN 108403751 A[P]. 2018-08-17.
- [21] 翟明安,李香华. 一种营养保健瓜蒌皮饮料:CN 106616162 A[P]. 2017-05-10.
- [22] 吴坤. 一种药食两用的瓜蒌子、瓜蒌皮制剂及加工方法:CN 107823463 A[P]. 2018-03-23.
- [23] 程有余,程素春,程素芬,等. 一种瓜蒌皮减肥茶及其制备方法:CN 106106935 A[P]. 2016-11-16.
- [24] 荣曼茵,赵文武,鲍俊辉. 一种栝楼果脯的加工工艺:CN 106260461 A[P]. 2017-01-04.
- [25] 彭常安,方明,张永康. 栝楼皮保健酱油的制作方法:CN 106307456 A[P]. 2017-01-11.
- [26] 李爱峰,张永清,柳仁民,等. 一种从栝楼果皮中分离纯化腺嘌呤及6-异次黄嘌呤核苷的方法:CN 103497191 A[P]. 2014-01-08.
- [27] 刘鹏,王梦倩,柳晓微. 栝楼瓢天然防腐剂的制备方法:CN 106332907 A[P]. 2017-01-18.
- [28] 刘鹏,王梦倩,柳晓微. 栝楼天然植物牙膏:CN 106214542 A[P]. 2016-12-14.
- [29] 周子童. 一种栝楼黄色素提取工艺:CN 105273430 A[P]. 2016-01-27.
- [30] 辛杰,郭庆梅,张波. 一种瓜蒌蒴美白霜及其制备工艺:CN 108553368 A[P]. 2018-09-21.
- [31] 程有余,程余献,程素芬,等. 一种去燥热瓜蒌茶及其加工方法:CN 104256020 A[P]. 2015-01-07.
- [32] 陈慧珊. 一种瓜蒌瓢糕及其制备方法:CN 103039856 A[P]. 2013-04-17.
- [33] 杨保成,谢书轩,张晓忠. 一种栝楼黄色素的提取方法:CN 103087548 A[P]. 2013-05-08.
- [34] 张岫秀,蔡盈,吴中梅,等. 瓜蒌多糖的体内免疫活性研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(24): 15-17.
- [35] 王新新. 瓜蒌多糖的提取、纯化及其抗氧化、斑马鱼心脏保护活性研究[D]. 泰安:山东农业大学, 2016.
- [36] 熊利芝,付柏婷,吴玉先,等. 栝楼籽多糖提取工艺优化及抗氧化性[J]. 应用化工, 2015(6): 1008-1011.
- [37] 江曙,刘培,段金廛,等. 基于微生物转化的中药废弃物利用价值提升策略探讨[J]. 世界科学技术—中医药现

- 代化,2014,16(6):1210-1216.
- [38] 顾俊菲,宿树兰,彭柯毓,等. 丹参地上部分资源价值发现与开发利用策略[J]. 中国现代中药,2017,19(12):1659-1664.
- [39] KAUSAR H, MUNAGALA R, BANSAL S S, et al. Cucurbitacin B potently suppresses non-small-cell lung cancer growth: Identification of intracellular thiols as critical targets [J]. *Cancer Lett*, 2013, 332(1):35-45.
- [40] ALLEN J G, COLEGATE S M, MITCHELL A A, et al. The bioactivity-guided isolation and structural identification of toxic cucurbitacin steroidal glucosides from stemodia kingii [J]. *Phytochem Analysis*, 2010, 17(4):226-235.
- [41] 豆长明. 栝楼根提取物对肿瘤细胞 HepA-H 和 HeLa 的作用研究[D]. 杭州:浙江大学,2004.
- [42] DOU C M, LI J C. The anti-tumor effect of trichosanthin on HepA-H cells and HeLa cells [J]. *Chin J Pathophysiol*, 2005, 21(5):980-984.
- [43] 曹丽莉,徐妍,徐水凌,等. 天花粉多糖诱导人乳腺癌 MCF-7 细胞凋亡及其 Caspase-3 和 Caspase-8 活化对凋亡的影响[J]. 浙江大学学报(医学版),2012,41(5):527-534.
- [44] 杨玉. 天花粉蛋白抑制胃癌细胞生长及其分子机制研究[D]. 扬州:扬州大学,2017.
- [45] 周海祥. 天花粉蛋白抑制结肠癌细胞生长及分子机制研究[D]. 扬州:扬州大学,2017.
- [46] 代兴斌. 天花粉蛋白抗小鼠 B 细胞淋巴瘤的作用及机制研究[D]. 南京:南京中医药大学,2015.
- [47] 崔文美. 天花粉联合氨甲喋呤保守治疗剖宫产瘢痕妊娠的效果[J]. 河南医学研究,2017,26(4):706-707.
- [48] 周玉群,郭瑞德,周莉,等. 天花粉治疗异位妊娠过程中血 β -HCG 浓度曲线的动态变化[J]. 中国卫生检验杂志,2010,20(12):3323-3324.
- [49] 马燕. 栝楼根丸对 2 型糖尿病大鼠治疗作用的研究[D]. 唐山:河北联合大学,2011.
- [50] 蒋红,王宏军,吴国娟. 天花粉多糖的测定及其抑菌作用研究[C]// 中国药学会. 中药新药研究与开发信息交流会,2005:100-101.
- [51] 王宏军. 防治奶牛乳房炎中药的筛选及有效成分的药效学研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2004.
- [52] 翟明安,李香华. 一种天花粉饮料的制备方法:CN 106858245 A[P]. 2017-06-20.
- [53] 郭辉,钱俊青,张斌,等. 一种栝楼根三萜提取物及其制备方法与用途:CN 103893242 A[P]. 2014-07-02.
- [54] 蒋瑞华. 一种治疗前列腺炎的中药组合物:CN 1381256[P]. 2002-11-27.
- [55] 魏志雄. 一种治疗乳腺炎、乳癌的组合物:CN 108465027 A[P]. 2018-08-31.
- [56] 胡贤根. 一种专用于西府海棠的肥料及其制备方法:CN 108409378 A[P]. 2018-08-17.
- [57] 黎加焕. 一种生物杀虫剂:CN 108402094 A[P]. 2018-08-17.
- [58] 牟映. 瓜氨酸制备方法的研究[D]. 北京:北京化工大学,2004.
- [59] 潘少斌. 栝楼藤的化学成分研究[D]. 济南:山东中医药大学,2014.
- [60] Yu X K, Tang L Y, Wu H W, et al. *Trichosanthis Fructus*: botany, traditional uses, phytochemistry and pharmacology [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 224:177-194.
- [61] 刘飞,李佳,张永清. 栝楼雄株茎叶黄酮类化合物的分离及其清除 DPPH 能力研究[J]. 中草药,2016,47(23):4141-4145.
- [62] 刘飞,方磊,李佳,等. 葫芦科药用植物黄酮类化合物化学成分与药理研究进展[J]. 山东中医药大学学报,2016,40(4):380-384.
- [63] 李爱峰,张永清,柳仁民,等. 一种从栝楼茎叶中分离纯化对羟基苯甲酸甲酯及 3-吡啶甲醛的方法:CN 10346729 A[P]. 2013-12-25.
- [64] 蔡冬青,杨丽,陈艳丽,等. 栝楼藤茎多糖的提取工艺及其抗氧化活性研究[J]. 食品科技,2016(8):174-179.
- [65] 程有余,徐珮珺,徐浩,等. 一种具有降血脂作用的瓜蒌茶醋饮料的制备方法:CN 107751480 A[P]. 2018-03-06.
- [66] 程有余,徐珮珺,徐浩,等. 一种果香瓜蒌茶的制备方法:CN 107751494 A[P]. 2018-03-06.
- [67] 程有余,徐珮珺,徐浩,等. 一种山楂瓜蒌饮品及其制备方法:CN 107509896 A[P]. 2017-12-26.
- [68] 徐凤宝. 一种发酵型桂花瓜蒌茶的制作方法:CN 107509896 A[P]. 2017-12-15.
- [69] 牟来明,周建光,牟俊涛. 瓜蒌腌渍菜及其制作方法:CN 105962209 A[P]. 2016-09-28.
- [70] 翟明安,李香华. 一种瓜蒌叶速溶粉的制备方法:CN 106879903 A[P]. 2017-06-23.
- [71] 郭盛,段金鑫,鲁学军,等. 中药固体废弃物的热解炭化利用策略与研究实践[J]. 中国现代中药,2017,19(12):1665-1671.
- [72] 严辉,张森,陈佩东,等. 基于木塑产品开发的中药固体废弃物资源化利用研究[J]. 中国现代中药,2017,19(12):1677-1682.