

· 中药研究 ·

枣属药用植物资源产业化过程副产物及废弃物的资源价值发现与循环利用策略构建

郭盛¹, 严辉¹, 钱大玮¹, 赵明¹, 唐志书², 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, 国家中医药管理局中药资源循环利用重点研究室, 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, 江苏 南京 210023; 2.陕西中医药大学陕西省中药资源产业化协同创新中心, 陕西 咸阳 712046)



段金廛

1956 年生, 教授, 博士研究生导师。全国优秀科技工作者, 入选全国首届“岐黄学者”中医药领军人才工程, 享受国务院政府特殊津贴。现任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主任、国家中医药管理局中药资源循环利用重点研究室主任, 兼任国务院学科评议组成员、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、中国中药协会中药资源循环利用专业委员会主任委员等。作为第一授奖人荣获国家科技进步二等奖 2 项、省部级科技一等奖 4 项。

摘要: 我国枣属(*Ziziphus*)植物可供药用的主要有枣、酸枣和滇刺枣, 均属药食同源品种, 资源需求量大。但其在生产及深加工过程产生大量废弃物及副产物, 因无有效利用途径而废弃, 造成资源浪费与环境污染。结合课题组前期研究进展, 对该类群药用植物资源产业化过程废弃物及副产物的产生及其潜在资源价值进行了分析, 对其资源利用途径与系统利用策略进行了整理, 以期为我国枣属药用植物资源产业链延伸提供支撑, 为其资源价值提升提供借鉴。

关键词: 枣属; 大枣; 酸枣仁; 中药资源循环利用

中图分类号: R288

文献标志码: A

文章编号: 1672-0482(2019)05-0579-06

DOI: 10.14148/j.issn.1672-0482.2019.0579

引文格式: 郭盛, 严辉, 钱大玮, 等. 枣属药用植物资源产业化过程副产物及废弃物的资源价值发现与循环利用策略构建[J]. 南京中医药大学学报, 2019, 35(5): 579-584.

Resource Value Discovery and Recycling Strategy Construction of By-Products and Wastes in Industrialization of Medicinal Plant Resources of *Ziziphus* Genus

GUO Sheng¹, YAN Hui¹, QIAN Da-wei¹, ZHAO Ming¹, TANG Zhi-shu², DUAN Jin-ao¹

(1. Jiangsu Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization, and National and Local Collaborative Engineering Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization and Formulae Innovative Medicine, and Key Laboratory of Chinese Medicinal Resources Recycling Utilization, State Administration of Traditional Chinese Medicine, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing, 210023, China; 2. Shaanxi Collaborative Innovation Center of Chinese Medicinal Resources Industrialization, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang, 712046, China)

ABSTRACT: The medicinal plants of *Ziziphus* in China mainly include *Ziziphus jujuba* Mill., *Z. jujuba* var. *spinosa*

收稿日期: 2019-08-24

基金项目: 国家自然科学基金(81873189, 81473538); 江苏省“六大人才高峰”高层次人才选拔培养项目(YY-026); 江苏省高校自然科学研究重大项目(18KJA360006)

第一作者: 郭盛, 男, 副研究员, E-mail: guosheng@njucm.edu.cn

通信作者: 段金廛, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事中药资源化学研究与资源循环利用及产业化研究, E-mail: dja@njucm.edu.cn

(Bunge) Hu ex H. F. Chow and *Z. mauritiana* Lam., which all belong to medicinal and edible homologous species, and the demand for their resources is huge. However, it produces a large number of waste and by-products in the production and deep processing process, which are abandoned due to the lack of effective utilization, resulting in waste of resources and environmental pollution. In this paper, the generation and potential resource value of wastes and by-products in the industrialization process of these medicinal plant resources were analyzed, and the resource utilization ways and systematic utilization strategies were sorted out. The purpose was to provide support for extending the industrial chain of *Ziziphus* medicinal plant resources, and provide reference for the promotion of its resource value.

KEY WORDS: *Ziziphus*; *Jujubae fructus*; *Ziziphi spinosae semen*; recycling utilization of Chinese medicinal resources

鼠李科枣属(*Ziziphus*)植物全球约有 170 种,主要分布于亚洲和美洲的热带和亚热带地区,少数种在非洲,两半球温带也有分布。我国是世界上枣属植物较丰富的国家,原产我国的有 12 种,3 变种,作为药用的主要有枣 *Ziziphus jujuba* Mill.、酸枣 *Z. jujuba* var. *spinosa* (Bunge) Hu ex H. F. Chow 和滇刺枣 *Z. mauritiana* Lam.。其中,枣之干燥成熟果实入药称大枣 *Jujubae Fructus*,其味甘、性温,具补中益气,养血安神之功效;酸枣之干燥成熟种子入药称酸枣仁 *Ziziphi spinosae semen*,其味甘、酸,性平,具养心补肝,宁心安神,敛汗,生津之功效^[1]。滇刺枣之干燥成熟种子,名滇枣仁或理枣仁,在云南及其周边地区常作为地方习用药材,功效与酸枣仁相似^[2]。

近年来,我国枣属药用植物资源产业得到快速发展,产业规模逐年增大,由此在药材生产及深加工过程中产生大量废弃物及副产物因无有效利用途径而废弃,造成资源浪费与环境承载压力加大。本课题组前期在开展中药资源副产物及废弃物资源化利用研究过程中,系统构建了中药资源循环利用策略、模式及适宜技术体系,并以代表性中药资源品种进行了研究示范^[3-4]。本文结合课题组前期研究进展,对该类群药用植物资源产业化过程废弃物及副产物的产生及其潜在资源价值进行了分析,对其资源利用途径与系统利用策略进行了整理,以期为我国枣属药用植物资源产业链延伸提供支撑,为其资源价值提升提供借鉴。

1 枣属药用植物资源利用现状

目前,枣属药用植物资源利用仍以其果实、种子作为药品或食品应用为主。其中作为药品应用时又多以饮片配伍或作为制剂原料为主,深加工产品较为少见。

1.1 大枣资源利用现状

大枣为临床常用中药,常与生姜、甘草配伍应用,主治脾虚食少、乏力便溏、妇人脏躁等症,成方制

剂如姜枣祛寒颗粒、当归红枣颗粒、芪枣颗粒、杞枣口服液、姜枣颗粒等。大枣也是药食同源品种,具有较高的营养价值,以鲜果或干果应用于食品领域仍是其目前主要资源消耗形式。以大枣为主要原料加工制成的保健食品日益丰富,如红枣饮料、红枣糖果、红枣发酵产品等。此外,大枣非药用组织器官在医药领域中也多有应用。枣核烧后研末敷,具解毒、敛疮之功,可用于治疗疔疮、牙疳;枣树叶可用于治疗小儿发热、疮疖、热痲、烂脚、烫火伤等症;枣树皮煎汤内服可用于治疗泄泻、痢疾、咳嗽、崩漏等症,煎汤外洗或研末外敷可治疗外伤出血、烧烫伤等;枣树根则具有调经止血、祛风止痛、补脾止泻之功^[1,3]。

1.2 酸枣资源利用现状

酸枣成熟种子酸枣仁是中医临床常用的安神药物,主要用于神经衰弱、失眠、多梦及以情绪或神志障碍为主要表现的精神系统疾病的治疗,现已开发的成方制剂主要有安神胶囊、安神宝颗粒、复方枣仁胶囊等。酸枣仁也是药食同源品种,常用于具有改善睡眠质量、增强学习记忆能力等功能食品开发。酸枣果肉营养物质丰富,目前常以酸枣汁、果酒、果醋等形式应用于食品领域。此外,本草记载酸枣果肉尚可用于出血、腹泻等症的治疗,酸枣花可用于治疗金疮内漏、目昏不明,酸枣叶可用于治疗疔疮,酸枣刺可用于治疗痲肿、喉痹、尿血、腹痛等症,酸枣树皮可用于治疗烧烫伤、外伤出血,酸枣根可用于治疗失眠、神经衰弱等症^[1,3]。

1.3 滇刺枣资源利用现状

滇刺枣成熟种子在云南及周边地区常作为地方习用药材,称理枣仁或滇枣仁,其功效与酸枣仁相似,现在药材市场多充酸枣仁销售,习称进口枣仁。滇刺枣树为紫胶虫的主要寄主,可用于化工原料紫胶的生产^[3]。

2 枣属药用植物产业化过程副产物及废弃物的产生及其资源性物质

2.1 在资源植物生长过程中产生的废弃物及副产

物

2.1.1 大枣及酸枣叶 大枣及酸枣每年5月展叶,九至十月落叶。大枣及酸枣嫩叶中含蛋白质12%~16%,脂肪1.5%~3.5%,碳水化合物62%~70%,每100g维生素C含380~650mg,还含有钙、磷、铁等矿物质,以及三萜酸及皂苷类、黄酮类、生物碱类等资源性化学成分^[5-7]。其中,皂苷类成分多以达玛烷型四环三萜为苷元,常见的有大枣皂苷(Zizyphus saponin) I~III,该类成分多具甜味抑制作用,可作为天然甜味抑制剂使用^[8-10];黄酮类成分以芦丁含量较高,可达到2%干质量以上,此外尚有山柰酚-3-O-芸香糖苷(Kaempferol-3-O-rutinoside)^[8]。枣叶中含有的生物碱类成分可分为异喹啉类生物碱(Isoquinoline alkaloids)和环肽类生物碱(Cyclic peptide alkaloids)两大类,且以异喹啉类生物碱种类及含量较高^[6,11],常见的有普洛托品(Protopine)、小檗碱(Berberine)、异波尔定碱(Isoboldine)、降异波尔定碱(Norisoboldine)、观音莲明碱(Yuzipnine)和枣仁碱(Yuzirine);大枣叶中尚含有核苷类成分,其总量可达0.15%,高于果肉、种子及果核^[12]。

2.1.2 落花及落果 大枣及酸枣花中均含有大量的芦丁、山柰酚-3-O-芸香糖苷、酸枣黄素等黄酮类物质。大枣及酸枣果实在生长过程中,受气候、自然灾害及自身生理因素影响,常会产生大量未成熟的落果。现代研究显示,大枣未成熟的果实中含有大量羽扇豆烷型、齐墩果烷型、乌苏烷型、美洲茶烷型三萜酸类成分,其中尤以白熟期落果中三萜酸类成分含量较高^[13]。研究显示,存在于枣属药用植物中的游离型三萜类资源性化学成分多具有抗肿瘤、抗炎、抗病原微生物、保肝等多重生理活性。此外,大枣落果中尚含有小分子有机酸类、黄酮类、核苷类及糖类等多种资源性物质^[6-7]。

2.1.3 枣树皮 大枣在生长过程中除正常落枝、落皮产生大量树皮资源外,产地果农为增加大枣产量,常采取环剥树皮的方法(俗称“开甲”)以增加枣树坐果率,由此产生大量的树皮资源。现代研究显示,大枣树皮中除含有大量的纤维素、多糖类、黄酮类成分外,尚含有生物碱类成分,主要有异喹啉类和环肽类生物碱两大类。枣属植物是自然界发现的环肽类生物碱主要集中的属之一,且数量较多,特征性强。在大枣树皮中发现的环肽类生物碱有20余个,根据其骨架结构可分为两个类型:具十三元环的间柄型,如

无刺枣环肽(Daechucyclopride) I、无刺枣因(Daechuine) S3和S6~S10、大枣环肽(Jubanine) A、B、D等;具十四元环的对柄型,如无刺枣因(Daechuine) S1、S2、S4、S5、大枣环肽C等,该类化合物具弱碱性^[11,14-15]。异喹啉类生物碱主要包括荷叶碱(Nuciferine)、原荷叶碱(Nomueiferine)、异欧鼠李碱(Frangulanine)、酸李碱(Zizyphusine)、衡州乌药碱(Coclaurine)等^[6]。

2.2 在药材采收加工过程中产生的废弃物

2.2.1 大枣浆烂果 目前大枣产地加工方法为采集成熟大枣果实,晒干或烘干。由于大枣果实富含糖类成分,且采收期常遇阴雨天气,枣果采收后得不到及时晾晒,易产生大量浆果、烂果及等外果。该类废弃物主要含有葡萄糖、果糖、蔗糖等糖类,小分子有机酸类,五环三萜类,核苷类及游离氨基酸类成分。目前发现的五环三萜类成分以羽扇豆烷型、齐墩果烷型、乌苏烷型及美洲茶烷型化合物为主。常见的化合物如:白桦脂酸(Betulonic acid)、麦珠子酸(Alphitolic acid)、桦木酮酸(Betulonic acid)、齐墩果酸(Oleanolic acid)、马斯里酸(Maslinic acid)、齐墩果酮酸(Oleanonic acid)、熊果酸(Ursolic acid)、2 α -羟基熊果酸(2 α -hydroxyursolic acid)、乌苏酮酸(Ursonic acid)、美洲茶酸(Ceanothic acid)等^[16-19];核苷类成分以环磷酸腺苷(cAMP)和尿苷(Uridine)含量较高^[20];大枣果实富含游离氨基酸类成分,其中以脯氨酸含量最高,可达2.7mg/g;除含有20种蛋白氨基酸外,大枣果实尚含有 γ -氨基丁酸、羟脯氨酸、瓜氨酸等非蛋白氨基酸类成分^[21]。此外,大枣果实中尚含有少量的黄酮类、甾醇(苷)类、脑苷类等成分^[22]。

2.2.2 酸枣果肉及核壳 中药材酸枣仁产地加工方法为采集酸枣果实,浸泡过夜,搓去果肉,捞出,碾破核壳,筛取酸枣仁,晒干,生用或炒用。在此过程中产生大量的酸枣果肉及核壳副产物。酸枣果肉主要含有葡萄糖、果糖等糖类、小分子有机酸类、五环三萜类成分。目前发现的五环三萜类成分其组成与酸枣果肉相似,但其坡模堤酮酸(Pomonic acid)含量远高于大枣^[16,23]。此外,新鲜酸枣果肉中尚含大量的维生素C,以及少量的黄酮类、三萜皂苷类、甾醇(苷)、脑苷类等化学成分^[24-25]。酸枣仁产地加工过程中产生的酸枣核壳主要含有木质素类及矿物质类成分。

2.3 在制药过程中产生的废弃物

2.3.1 大枣药渣 目前中药工业对大枣进行深加工,主要以水或低浓度醇类等极性较大溶剂作为提取溶媒,以获取其糖类、核苷类等极性较大成分。研究发现,采用该提取方法,大枣药渣中尚残留大量具有抗肿瘤、抗炎、抗病原微生物、保肝等多重生理活性的低极性游离三萜类成分,以及水不溶性的纤维素、植物蛋白及红色素类资源性成分。此外,也有企业以低极性溶剂作为提取溶媒以获取其香味成分,而药渣中残留的大量具有增强免疫、调节肠道菌群结构作用的多糖类及天然色素类资源性物质被丢弃^[5]。

2.3.2 酸枣仁药渣 目前中药工业主要利用酸枣仁中的皂苷类、黄酮苷类成分,其提取过程多以极性较大溶剂(如水或醇类溶剂)为主,酸枣仁中大量的低极性脂肪油类可利用物质残存于酸枣仁药渣中。研究发现,酸枣仁中含有大约 32% 的脂肪油,其中以不饱和脂肪酸居多,主要为油酸、亚油酸、亚麻酸、花生酸、花生烯酸、棕榈酸、硬脂酸、山芋酸。酸枣仁脂肪油中非皂化物含量约为 1.6%,含量最高的为角鲨烯^[6,26]。此外,酸枣仁药渣中尚存在水不溶性植物蛋白类及糖类成分。

3 枣属药用植物资源利用效率提升研究实践

3.1 药材深加工与产品开发

大枣及酸枣果肉中含有的三萜酸类资源性化学成分具有抗肿瘤、抗炎、抗病原微生物等多重生理活性,有望成为开发新药的先导化合物;大枣多糖具有增强免疫、改善胃肠环境等作用,在医药保健领域具有较好的应用前景;大枣果实中的香味成分可在食品及烟草行业中用作矫味剂^[27]。酸枣仁中含有的皂苷类、黄酮类、生物碱类、脂肪油类等资源性物质均具有一定的镇静催眠作用。以上几类成分均有望开发成为治疗神经系统疾病的新制剂。

大枣成熟果实中含有大量的葡萄糖、果糖及蔗糖等糖类资源性化学成分,可利用大枣等外果以及其干燥过程中产生的浆果、烂果经提取、浓缩、大孔吸附树脂柱分离、离子交换树脂柱分离等工艺生产具有大枣特有风味及保健功效的大枣蔗糖及果葡糖浆^[28]。大枣果皮富含红色素物质,其色泽鲜艳,经提取分离后可制备天然红色素^[29]。此外,大枣浆果、烂果中尚含有大量三萜酸类资源性化学成分,可用于功能性健康食品开发。

3.2 产业化过程产生的废弃物资源化利用研究

3.2.1 大枣及酸枣叶的资源化利用 大枣及酸枣

嫩叶和芽经清洗、脱水、炒制杀青后可制成大枣叶茶,具有安神利眠、补血、养心、提高睡眠质量等作用^[30]。大枣及酸枣叶中富含三萜皂苷类资源性化学成分,该类成分能够抑制葡萄糖、果糖、甜菊苷、甘氨酸、糖精钠、阿斯巴甜、柚苷、二氢查尔酮所产生的甜味,改善食品甜腻口感,其制备流程为:取大枣或酸枣叶,烘干粉碎后加正丁醇浸提,提取液回收正丁醇后加絮凝剂絮凝沉淀,上清液适当浓缩后加入丙酮沉淀,取沉淀加水溶解后经大孔吸附树脂柱色谱分离,50%乙醇洗脱液经超滤后,活性炭脱色,真空干燥后即得富含三萜皂苷类资源性化学成分的枣叶甜味抑制剂,得率约为 2%^[31-32]。也有采用酶解法制备冬枣叶中甜味抑制剂的工艺报道,其最佳提取条件为:酶解温度为 60℃,酶解时间为 2.5 h,纤维素酶用量为 3 mg/g,料液比为 1:25(g/mL)。在最佳提取条件下,冬枣叶中甜味抑制剂的提取率为 4.09%^[33]。

此外,大枣及酸枣叶中富含以芦丁为主要组成成分的黄酮类资源性化学成分,具有防治肿瘤及心脑血管疾病,抗骨质疏松、清除自由基和抗氧化等生理活性,在医药、食品领域有大量应用^[34]。据此,有研究建立了采用纤维素酶酶解法提取冬枣叶中总黄酮的最佳工艺条件,即:料液比 1:50(g/mL),提取温度 55℃,提取时间 90 min,酶用量 4 mg/g,提取率可达 2.45%^[35]。

3.2.2 酸枣果肉的资源化利用 酸枣仁产地加工过程产生的酸枣果肉副产物主要含有葡萄糖、果糖等糖类,以及小分子有机酸类、五环三萜类等资源性化学成分。酸枣果肉经水浸提、糖酸度调整、高温灭菌可制成酸枣汁饮料;经加水溶胀后干酵母菌发酵、乳酸菌发酵降酸、陈化处理、调配勾兑可制得酸枣果酒^[36];经选果破皮、酒精发酵、醋酸发酵、澄清过滤、勾兑制得酸枣果醋。

此外,酸枣果皮及果肉中存在大量的纤维素,可用于制作酸枣膳食纤维^[37];果肉中含大量的果糖、葡萄糖等糖类资源性化学成分,可制成酸枣果葡糖浆及多糖铁络合物用于食品工业^[38];含有的小分子有机酸及酚类资源性化学成分具有抗氧化活性,可用于制作具有抗氧化功能的保健食品;含有的三萜酸类资源性化学成分具有抗菌、抗肿瘤等活性,可用于前体药物开发^[39]。酸枣果肉尚含有苹果酸等具酸味成分以及果糖等甜味成分,口味酸甜,在食品工业常用作天然矫味剂。通过以上多途径综合开发,

可实现酸枣果肉资源的高效利用其资源综合利用模式见图1。

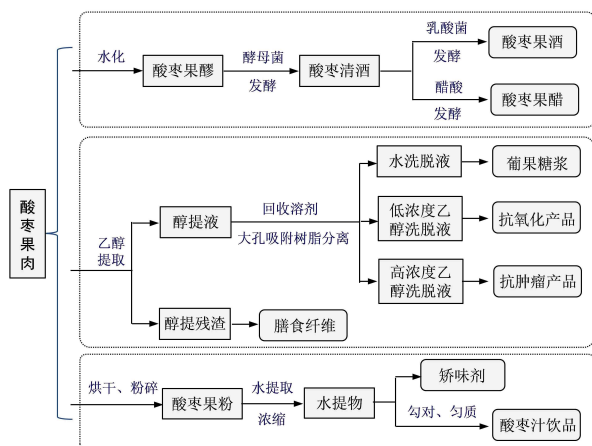


图1 酸枣果肉资源系统利用与产业化开发^[3]

3.2.3 酸枣/大枣核壳的资源化利用 制备酸枣仁过程中产生的大量酸枣核壳,以及大枣深加工过程中产生的果核资源可经干馏或酸解制备活性炭、糠醛、木糖等医药化工原料^[40-41]。

3.2.4 大枣药渣的资源化利用 目前中药工业大枣深加工所产生的药渣按利用目的主要可分为两类:一类为以获取其多糖、核苷等水溶性资源性化学成分而产生药渣,该类药渣含有大量脂溶性三萜类资源性化学成分,经低极性溶剂提取,大孔树脂富集可制备总三萜部位用于制药或健康食品开发^[42];含有的水不溶性纤维素,可经酶解制备膳食纤维^[43]。另一类为以获取其香味成分而产生的药渣,该类药渣含有大量的多糖类资源性化学成分,具有免疫增强、调节肠道菌群结构、保护肝脏等药理作用,可用于药物制剂及健康食品开发,也可经发酵制备大枣醋、酒,或制备动物饲料。此外,大枣药渣中残存大量的枣皮红色素类资源性物质,也可用于制备天然色素,用于食品工业。

综上,通过对大枣果肉及大枣叶中含有的多类型资源性物质及其潜在资源价值发现,结合目前其主要资源利用形式,构建形成大枣药用植物资源系统利用策略,见图2。

3.2.5 酸枣仁药渣的资源化利用 酸枣仁药渣中含有大量的蛋白质类资源性化学成分,可用于制备动物饲料;酸枣仁药渣中脂肪油类资源性化学成分以不饱和脂肪酸居多,可用于制备具有软化血管,降低血脂的保健食品。此外,从酸枣仁药渣中制备的脂肪类物质也可作为制皂工业原料。

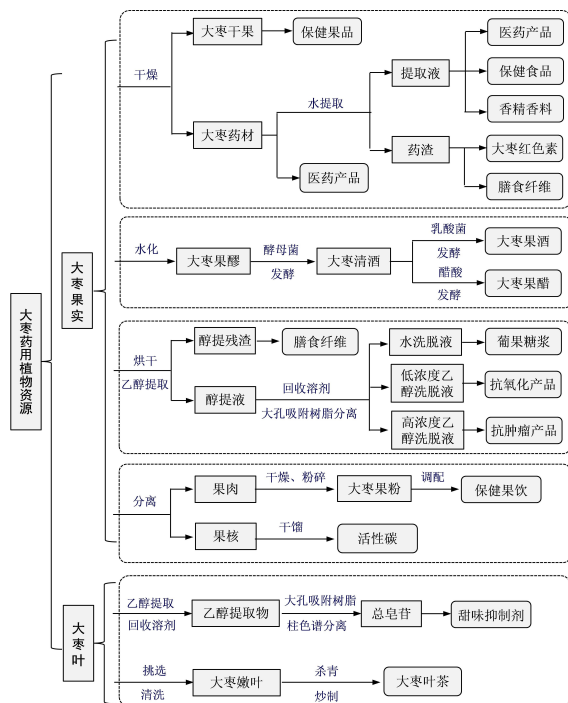


图2 大枣药用植物资源系统利用与产业化开发^[3]

参考文献:

- [1] 中华本草编委会. 中华本草:第5册[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1999: 256-269.
- [2] 郭盛, 段金廛, 唐于平, 等. 中国枣属药用植物资源化学研究进展[J]. 中国现代中药, 2012, 14(8): 1-5.
- [3] 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, 2016: 705-719.
- [4] 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.
- [5] 段金廛. 中药废弃物的资源化利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013: 383-394.
- [6] 郭盛, 段金廛, 钱大玮, 等. 枣属植物化学成分研究进展[J]. 国际药学研究杂志, 2013, 40(6): 702-710.
- [7] 郭盛, 段金廛, 唐于平, 等. 中国枣属药用植物资源化学研究进展[J]. 中国现代中药, 2012, 14(8): 1-5.
- [8] GUO S, DUAN JA, TANG YP, et al. Simultaneous qualitative and quantitative analysis of triterpenic acids, saponins and flavonoids in the leaves of two *Ziziphus* species by HPLC-PDA-MS/ELSD[J]. J Pharm Biomed Anal, 2011, 56(2): 264-270.
- [9] YOSHIKAWA K, SHIMONO N, ARIHARA S. Antisweet substances, jujubasaponins-I-III from *Ziziphus-jujuba*-revised structure of ziziphin[J]. Tetrahedron Lett, 1991, 32(48): 7059-7062.
- [10] KURIHARA Y, OOKUBO K, TASAKI H, et al. Studies on the taste modifiers .1. Purification and structure determination of sweetness inhibiting substance in leaves of *Ziziphus-jujuba* [J]. Tetrahedron, 1988, 44(1): 61-66.
- [11] 何峰, 潘勤, 闵知大. 枣属植物化学成分研究进展[J]. 国外医

- 药(植物药分册), 2005, 20(1): 1-5.
- [12] GUO S, DUAN JA, QIAN DW, et al. Hydrophilic interaction ultra-high performance liquid chromatography coupled with triple quadrupole mass spectrometry for determination of nucleotides, nucleosides and nucleobases in *Ziziphus* plants[J]. J Chromatogr A, 2013, 1301: 147-155.
- [13] GUO S, DUAN JA, QIAN DW, et al. Content variations of triterpenic acid, nucleoside, nucleobase, and sugar in jujube (*Ziziphus jujuba*) fruit during ripening stages[J]. Food Chem, 2015, 167: 468-474.
- [14] TRIPATHI M, PANDEY MB, JHA RN. Cyclopeptide alkaloids from *Zizyphus jujuba* [J]. Fitoterapia, 2001, 72(5): 507-510.
- [15] LEWIS JR. Muscarine, oxazole, thiazole, imidazole and peptide alkaloids and other miscellaneous alkaloids[J]. Nat Prod Rep, 1992, 9(1): 81-101.
- [16] GUO S, DUAN JA, TANG YP, et al. Characterization of triterpenic acids in fruits of *Ziziphus* species by HPLC-ELSD-MS [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(10): 6285-6289.
- [17] GUO S, DUAN JA, TANG YP, et al. Triterpenoids from the fruits of *Ziziphus jujuba* var. *spinosa* [J]. Biochem Syst Ecol, 2011, 39(4/6): 880-882.
- [18] GUO S, DUAN JA, TANG YP, et al. Two new terpenoids from fruits of *Ziziphus jujuba* [J]. Chin Chem Lett, 2009, 20(2): 197-200.
- [19] GUO S, DUAN JA, TANG YP, et al. Triterpenoid acids from *Ziziphus jujuba* [J]. Chem Nat Comp, 2011, 47(1): 138-139.
- [20] GUO S, DUAN JA, TANG YP, et al. Characterization of nucleosides and nucleobases in fruits of *Ziziphus jujuba* by UPLC-DAD-MS [J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(19): 10774-10780.
- [21] GUO S, DUAN JA, QIAN DW, et al. Rapid determination of amino acids in fruits of *Ziziphus jujuba* by hydrophilic interaction ultra-high performance liquid chromatography coupled with triple quadrupole mass spectrometry [J]. J Agric Food Chem, 2013, 61(16): 2709-2719.
- [22] GUO S, TANG YP, DUAN JA, et al. Chemical constituents from the fruits of *Ziziphus jujuba* [J]. Chin J Nat Med, 2009, 7(2): 115-118.
- [23] GUO S, DUAN JA, TANG YP, et al. UPLC-TOFMS coupled with chemometric method as a powerful technique for rapid exploring discrepant components between two *Ziziphus* species [J]. J Sep Sci, 2011, 34(6): 659-666.
- [24] GUO S, DUAN JA, TANG YP, et al. A new cerebroside from the fruit of *Ziziphus jujuba* var. *spinosa* [J]. Chem Nat Comp, 2014, 50(1): 109-111.
- [25] 郭盛, 段金厥, 赵金龙, 等. 酸枣果肉资源化学成分研究[J]. 中草药, 2012, 43(10): 1905-1909.
- [26] GUO S, DUAN JA, LI YQ, et al. Comparison of the bioactive components in two seeds of *Ziziphus* species by different analytical approaches combined with chemometrics [J]. Front Pharmacol, 2017, 8: 609.
- [27] 朱巍, 殷发强, 彤霖, 等. 以红枣提取物为原料通过美拉德反应生产烟用香料的方法: 200810046835.5 [P]. 2009-08-05.
- [28] 段金厥, 郭盛, 钱大玮. 一种精制大枣蔗糖及大枣果葡糖浆及其制备方法: CN102648750A [P]. 2012-8-29.
- [29] 李俊辉, 李勇, 赵文恩. 大枣枣皮红色素研究进展[J]. 广州化工, 2012, 40(16): 27-29.
- [30] 江崇焕. 枣叶茶及其制备方法: CN1329835 [P]. 2002-1-9.
- [31] 王庆华, 钟细娥, 詹耀才. 枣叶中甜味抑制剂提取工艺的研究[J]. 现代食品科技, 2006, 22(3): 146-147.
- [32] 刘世军, 王欢欢, 唐志书, 等. 大枣叶中甜味抑制剂的提取与纯化工艺[J]. 中国食品添加剂, 2017(3): 74-79.
- [33] 张圣燕, 王子飞. 酶解法提取冬枣叶中甜味抑制剂工艺的研究[J]. 应用化工, 2013, 42(4): 670-672.
- [34] 郭盛, 段金厥, 钱大玮, 等. 大枣叶提取物及其在制备防治肝损伤药物及保健食品中的应用: CN201310132996.7 [P]. 2013-4-16.
- [35] 张圣燕, 张成. 纤维素酶提取冬枣叶中总黄酮工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(1): 188-190.
- [36] 李建明. 一种野生酸枣酒的制备方法: CN101948724A [P]. 2011-1-19.
- [37] 张严磊, 施欢贤, 唐志书, 等. 碱法同时提取酸枣渣可溶性与不溶性膳食纤维及其性能研究[J]. 纤维素科学与技术, 2015, 23(4): 43-48.
- [38] 李世映, 唐志书, 宋忠兴, 等. 酸枣多糖铁(Ⅲ)药理活性初步研究[J]. 食品工业科技, 2019, 40(6): 37-48.
- [39] 段金厥, 郭盛, 钱大玮. 酸枣的活性部位及其制备方法与应用: CN102670764A [P]. 2012-9-19.
- [40] 施欢贤, 张严磊, 唐志书, 等. 酸枣核壳木糖制备工艺研究[J]. 纤维素科学与技术, 2016, 24(1): 27-31.
- [41] 张严磊, 宋忠兴, 唐志书, 等. 酸枣核壳联产制备糠醛及活性炭研究[J]. 纤维素科学与技术, 2015, 23(3): 43-48.
- [42] 樊君, 高续春, 胡晓云, 等. 枣渣中提取总三萜酸的方法: CN101156914A [P]. 2008-4-9.
- [43] 石勇, 石聚领, 纵伟. 一种枣渣不溶性膳食纤维粉的制备方法: CN102813147A [P]. 2012-12-12.

(编辑:董宇)