

构树医药功效的研究进展

魏攀鹏¹ 高正龙¹ 王品胜^{1*} 李 晓² 闫灵敏¹ 蒋兵兵¹

1.河南省高新技术实业有限公司,郑州 450002;2.河南省科学院生物技术开发中心,郑州 450002

摘要 随着科学技术的快速发展和现代医学水平的不断提高,构树这种多领域、多用途、多价值的绿色植物引起人们的高度重视。构树的根、茎、皮、叶、乳汁、果实,在防沙固土、造纸造棉、道路绿化、畜禽饲料、副食充饥方面发挥的重要作用已被我们所熟知,但构树在抗/抑菌、抗炎/氧化、抗肿瘤/癌/病毒、增强免疫力、调血糖/血脂等疾病治疗方面的作用鲜见报道。本文综述了近 10 年来构树在医药功效领域的研究进展,以期对构树在人/畜药物方面的进一步研究和应用提供必要的理论基础和技术参考。

关键词 构树;绿色植物;疾病治疗;医药功效

构树 (*Broussonetia papyrifera*), 在世界上主要分布于亚洲东部和太平洋岛屿,而在我国主要分布于华中、华南、华北、西南、西北地区,在全球仅有的 5 种构树属中我国竟占 3 种(构树、小构树、藤构)^[1-2]。

构树作为一种抗逆性(盐碱、贫瘠、湿热、干冷)强的嗜光耐荫性且多年生直立落叶乔木树种广泛生长于山川、丘陵、平原等地形中,常在每年阳历 3 月中旬抽芽、4 月中旬开花、7-9 月挂果并成熟^[3]。

收稿日期:2020-12-16

基金项目:河南省科学院重大项目聚焦专项(190114002)

* 通讯作者

魏攀鹏,男,1991 年生,硕士,初级科研人员。

箱里育幼^[4]。

5 白冠长尾雉和红腹锦鸡的人工育幼管理

育幼箱温度控制在 30~35 ℃,相对湿度为 50%~60%即可,白天温度稍微低点,晚上温度稍微高点。1 周以后的幼雏,在阳光温暖时,可以放出外面活动场活动。活动场增加沙坑。

育幼箱里确保供水正常,要饲喂配合粉料,增加面包虫、熟鸡蛋、青菜叶子等。坚持少喂、多次喂的原则,配合饲料增加蛋白质含量,还要适当添加多维。

2 个月后的亚成体雉鸡类要进行新城疫疫苗点滴,做好防疫工作。孵化场、育幼场等都要做好消毒工作。

3 个月以后的亚成体雉鸡类要疏散饲养,减少密度,室外活动场要避免阳光直射、高温照射,要有避光设施^[4]。

6 孵化后的白冠长尾雉和红腹锦鸡的放飞

孵化半年后的这 2 种雉鸡类就可以放飞了,放飞地点选择在自然保护地里面这 2 种雉鸡类分布较多、生态环境较为荫蔽的场所,在刚放飞的几天里,要在附近抛洒一些饲料,以免放飞的雉鸡类找不到食物而饿死,给其一个自行觅食的缓冲期。如果周围没有发现有放飞的雉鸡类死亡,就意味着放飞成功。

参 考 文 献

- [1] 甘雨,保华.河南省野生动植物资源调查与保护[M].郑州:黄河水利出版社,2007.
- [2] 吴国新,玉卿.河南省鸟类原色图鉴[M].郑州:中州古籍出版社,2016.
- [3] 国家林业局.中国湿地资源·河南卷[M].北京:中国林业出版社,2015.
- [4] 刘冰许.野生动物饲养与管理[M].郑州:中原农民出版社,2018.

【责任编辑:刘少雷】

自然界中这种绿色、天然、富有野性的构树资源,可谓全身都是宝。构树根系较浅、发达且萌蘖力极强,可用作矿区土壤污染的修复树种^[4];构树皮纤维素含量高、纤维洁白有柔韧性且强度大,是造(绝缘、复写、宣沙、蜡、币)纸和人造棉的优质原材料^[5];构树叶片阔大且叶面长有柔/绒毛能吸附灰尘,能用作城乡道路降尘防霾的绿化树种^[6];构树叶、嫩枝中含有 20%~30%粗蛋白,常被直接/间接地用作饲喂猪、牛、羊等畜禽的青饲料/青贮饲料^[3];构树的花絮和嫩芽等富含粗蛋白、粗脂肪、氨基酸、维生素等多种营养物质,在过去饥荒年代先民们常将其与糠麸等粗粮搅拌煮熟后充饥保命^[3,7]。除了在防沙固土、造纸造棉、道路绿化、畜禽饲料、副食充饥方面的应用外,近些年来构树在医药领域的作用和应用性研究也引起了广大科研学者的高度关注。

1 构树的医药功效

历史上对构树药性(味甘、性凉、无毒)的最早记载源于汉末陶氏的药学著作《名医别录》,另外在我国《本草纲目》等药典中也记载了构树的根、茎、皮、叶、乳汁、果实可作为宝贵药材的医药用途和药用方法^[8-9]。时至今日,构树在抗/抑菌、抗炎/氧化、抗肿瘤/癌/病毒、增强免疫力、调血糖/血脂等医药功效领域依然发挥着不可磨灭的作用。

1.1 抗菌、抑菌

构树的抗菌、抑菌效果受提取方法、提取试剂/试剂浓度、提取部位的影响。研究表明,用水或 75%乙醇从构树叶中获得的提取物对金黄色葡萄球菌的最小抑、杀菌浓度均相同^[10],用脱胶法从构树韧皮中制得适宜作为非织造布的构树纤维对金黄色葡萄球菌的抑菌率可达到(56.8±4)%^[11],用 80%乙醇洗脱杂交构树根后提取的黄酮类物质用 3%的吐温 80 为溶剂时制备质量浓度为 0.01 g/mL 的溶液对金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的单独抑菌效果最佳^[12]。显然,构树叶、皮、根中均含有抑制金黄色葡萄球菌的活性成分。然而,用有机溶剂萃取和硅胶柱层析等试验方法证明构树叶中含有多种抑制鸭疫里默氏杆菌、金黄色葡萄球菌、多杀性巴氏埃希菌、大肠杆菌、沙门氏菌的活性成分^[13],并且抑菌环试验和营养肉汤稀释法研究发现,在用 95%乙醇从构树叶中抽取的稠膏依次用乙醚→乙酸→正丁醇萃取所得的 3 种不同部位液体中,构树叶的主要抑菌活性成分集

中在后 2 个部位^[14]。另有一些研究对构树的抗菌、抑菌机制进行了报道,将构树水提液与部分抗菌药联用后可明显增强这些抗菌药单独对肺炎克雷伯菌、大肠杆菌、奇异变形杆菌、金黄色葡萄球菌这 4 种多重耐药菌的抑菌效果^[15],构树多糖可通过改变细菌的细胞壁和细胞膜的通透性阻碍或屏蔽营养和代谢物质的正常交换来实现抗菌目的^[16],用水或 75%乙醇从构树叶中所获提取物能通过抑制金黄色葡萄球菌蛋白质的合成以阻碍其正常生长达到抑菌目的^[10]。

1.2 抗炎

构树是一种富含类黄酮化合物的天然植物药材,可作为药物或功能食品用于预防和治疗抗炎疾病,极具开发和利用价值^[17]。Lin 等^[18]报道构树根和果对啮齿动物的抗炎作用优于其他部位,其中发挥抗炎作用的活性药物成分是白桦昔酸和白桦昔。Wu^[19]通过萃取、蒸馏等方法研究发现,构树茎皮中含有能够抑制鼠 RAW264.7 细胞产生促炎细胞因子的活性药物成分,另外甲醇提取物(细菌内毒素)能够抑制脂多糖诱导的炎症反应,但比甲醇提取物效能最高、抗炎活性抑制作用最强的大部分抗炎化合物都集中在己烷提取物中。Lee 等^[20]发现构树根皮能够强有力地降低促炎信号和促炎基因的表达来抑制或改善肿瘤坏死因子- α 引起的肥胖小鼠脂肪组织和肝脏的炎症反应。从小构树中提取获得的酚类化合物构树宁 E 能够通过抑制细胞外信号调节激酶和丝裂原活化蛋白等信号通路,抑制/促进巨噬细胞向 M1/M2 型极化,最终增强抗炎相关因子表达发挥抗炎作用^[1]。另外,将构树与其他中药材配合使用对患炎症的小鼠具有明显的临床治疗效果。Ko 等^[21]将构树与金银花作为配伍中药制剂按 200~400 mg/(kg·d) 的量供患有感染性炎症和慢性支气管炎的小鼠口服使用,对慢性支气管炎治疗效果较好:可显著减少支气管肺泡中炎症细胞的数量、有助于肺损伤的修复。Hong^[22]等用组织病理学分析方法将无毒的构树与忍冬提取物在小鼠上进行试验,结果表明与对照组相比治疗组小鼠的炎症和黏液分泌物水平有所降低,接近正常水平。

1.3 抗氧化

天然存在于构树皮、叶片和果实中可作为药物成分的植物次生代谢产物(酚类和黄酮类化合物)具有较强的抗氧化作用,其中作为第一道抗氧化防

线的超氧化物歧化酶能够催化过氧化物自由基转化为过氧化氢,过氧化氢酶作为一种抗氧化酶能够分解过氧化氢生成水^[23]。对华南地区构树果实中提取物的药物成分研究表明,提取物的抗氧化活性与样品总酚含量呈正相关、在一定程度上受生长环境影响,且相同分子浓度条件下乙醇和水提取物对脂质过氧化的抑制作用随着试验时间的延长强于生育酚和抗坏血酸^[24]。除了在理化性质上得到证明外,构树的抗氧化作用在牲畜血液、肉质和人表皮防护、健康等方面也具有较好的疗效。如:杜泊×小尾寒羊杂交肉羊的营养试验表明,与空白对照组相比,饲料中添加 45%(干物质基础)杂交构树青贮可显著($P<0.05$)提高血清中总抗氧化能力(T-AOC)和过氧化氢酶(CAT)的活性^[25]。泌乳前期奶牛饲喂青贮后的杂交构树不但对奶牛的总抗氧化能力、超氧化物歧化酶活性、谷胱甘肽过氧化物酶活性无不利影响,反而能平衡奶牛的氧化和抗氧化能力^[26]。Yang 等^[27]试验表明构树叶中含酚羟基的个别酚类化合物具有强大的抗氧化活性,可作为新型食品抗氧化剂通过调节内源性雌激素水平来改善畜禽肉质、有益于人类健康。Wang 等^[28]从构树叶中提取的总黄酮能有效保护中波紫外线 A 对 HaCaT(人永生化角质形成细胞系)上皮细胞的氧化损伤。

1.4 抗肿瘤、抗癌

在我国,癌症是威胁人民健康最主要的慢性非传染性疾病,平均每分钟有 7.5 个人被确诊为癌症,在加强癌症综合防控的进程中加快抗癌新药研发可以有效改善癌症患者预后。陈绍红等^[29]在 DMEM 培养基中添加不同浓度的构树总黄酮对对数生长期的 Hep G2(人肝癌细胞)细胞培养,结果发现构树总黄酮对 Hep G2 细胞增殖的抑制作用与其作用时间和剂量成正比,当质量浓度 $\geq 25\mu\text{g/mL}$ 时可造成 Hep G2 细胞凋亡,且其质量浓度越大、作用时间延长,Hep G2 细胞凋亡率就越高。Park 等^[30]在构树黄酮醇 Kazinol A 对人胃癌、乳腺癌、胶质母细胞瘤、胚肾等不同细胞系中研究发现,其对膀胱癌细胞的毒性最为显著,这种细胞毒性作用分别是通过抑制 AKT 和激活 AMPK 导致人膀胱癌细胞凋亡和自噬死亡,构树黄酮醇 Kazinol A 可作为治疗人类膀胱癌的引领药物。Guo 等^[31]报道构树黄酮醇 B 抑制/诱导肿瘤干细胞的生长/终末分化是一种可通过消除肿瘤干细胞来根除人类乳腺癌的新方法。Shin

等^[32]用生物化学法从构树中分离的预酰化查尔酮能够通过促进磷酸化/泛素依赖性 β -catenin 的降解发挥其细胞毒性作用进而降低/诱导结肠癌和肝癌细胞的生存能力/凋亡。Park 等^[33]认为利用构树查耳酮 A 的细胞毒性作用可发展成为一种潜在的用于治疗人类肿瘤或抗击肝癌的靶向药物。除了以黄酮、黄酮醇类化合物为主的抗癌、抗肿瘤活性药物成分外,构树中含有的生物碱类化合物、内生真菌次级代谢产物也具有很强的抗癌、抗肿瘤作用。Pang 等^[34]用乙酸乙酯萃取、分离、纯化等方法研究发现,构树果实中蕴含着丰富的生物碱类化合物——不仅对正常细胞毒性低,而且抗肿瘤作用强。余亚茹等^[35]在试验条件下,对人肝癌、乳腺癌、肺腺癌、结肠癌、前列腺癌细胞培养中加入构树内生真菌次级代谢产物 *Alternaria alternata* 和 *Gibberella avenacea* 后能较强地抑制这些癌细胞的增殖。

1.5 抗病毒、增强免疫力

人、畜能否感染病毒主要取决于病毒的毒力和机体自身的免疫力,构树中的一些有效活性成分不仅能有效抗击病毒还能增强机体免疫力,可谓是一箭双雕。构树多酚有望成为抗冠状病毒蛋白酶抑制剂类药物^[36],而被副粘病毒科病毒感染鸡胚成纤维细胞分别用质量浓度为 1.25 mg/mL 的构树叶丙酮、乙醇、水提取物作用后,产生的药效结果分别是提高了细胞活性并能延缓病毒引起的细胞病变、能对细胞产生一定的保护作用^[37]。构树叶抗病毒活性的作用机制主要取决于构树叶中的脂溶性化合物——通过与病毒囊膜中脂质结合来扰乱或阻断病毒对宿主细胞膜上受体的识别和粘附^[37]。

黄伟等^[38]在环磷酸胺诱导的免疫抑制小鼠试验中,与不饲喂构树总黄酮组相比,饲喂低、中、高剂量的构树总黄酮组小鼠血液中的白细胞含量、血清 Ig 水平和 T/B 淋巴细胞转化率显著性升高($P<0.05$),腹腔中巨噬细胞的吞噬功能显著性增强($P<0.05$),且这些免疫指标呈现出构树总黄酮饲喂剂量依赖性增强、接近空白对照组。马莹等^[39]将构树叶作为中草药以 1.5% 或 2% 的比例添加到 1 周龄的雏鸡日粮中饲喂,显著性 ($P<0.05$) 地提高了 AIHS-5、AIHS-4 和 ND 的抗体水平以及雏鸡免疫器官指数和脾脏中 IL-2mRNA 的表达。司丙文等^[25]对杜泊×小尾寒羊杂交肉羊的营养试验表明,与空白对照组相比,饲料中添加 45%(干物质基础)杂交构树青贮可显著

($P < 0.05$)提高血清中免疫球蛋白(IgA、IgG、IgM)含量。免疫力的好坏直接影响着动物的健康,而构树在小鼠、雏鸡、肉羊上的试验研究在一定程度上诠释了构树在增强免疫力方面的优势和价值。

1.6 调血糖/血脂、治哮喘、抗疲劳

长期以来,高血压/血脂、哮喘、乏力这些慢性疾病严重影响着人、畜的健康,而在小/大鼠上的试验表明构树具有调血糖/血脂、治哮喘、抗疲劳的功效。Cha 等^[40]研究发现,与健康对照组大鼠相比,构树皮粉能显著($P < 0.05$)提高 2 型糖尿病大鼠长埃文斯德岛肥胖大鼠血液中血清胰岛素的浓度,而胰岛素水平的升高可能是改善高血糖的重要调节因素。威亚伟等^[41]让高脂日粮诱导的营养性肥胖小鼠饲喂构树叶后,显著性($P < 0.05$)降低了其血浆葡萄糖、总胆固醇、游离脂肪酸和甘油三酯水平,且显著地($P < 0.05$)遏制了其肝细胞脂肪变性,这表明构树叶既能促进脂肪分解代谢,又能有效缓解内脏脂肪变性。王国权等^[42]用构树子油饲喂高脂模型 Wistar 大鼠(♂)后,高脂模型大鼠的肝脏和脂肪组织质量均显著性下降($P < 0.05$),且低密度脂蛋白胆固醇、总胆固醇和甘油三酯浓度均降低,由此认为构树子油中占 68%以上多不饱和脂肪酸和占 0.54%强抗氧化剂 δ -生育酚在试验大鼠体内发挥着调节血脂和抑制皮下脂肪组织聚集的重要作用。Hong 等^[22]将构树与忍冬的提取物对过敏性哮喘小鼠试验,血清酶和组织病理学分析结果表明,无毒的构树与忍冬提取物可对哮喘疾病产生非常有效的治疗作用^[23]。王丽敏等^[43]试验结果表明,从构树中提取的多糖能通过提高运动前、后小鼠体内乳酸脱氢酶活力、肌/肝糖原储量和降低排泄尿液中 N 元素的含量,使小鼠体内积累更多供能物质达到增强其游泳耐力、缓解疲劳的效果。

2 展 望

构树作为一种自然界中绿色无害、萌蘖力强、生长旺盛、广泛存在我国山川、丘陵、土坡、沟边等逆境地形的丰富资源,对于其在抗/抑菌、抗炎/氧化、抗肿瘤/癌/病毒、增强免疫力、调血糖/血脂等方面的医药功效已被充分证明,但目前市场上鲜见用于治疗人畜的构树药剂产品。因此,在常规粗提取构树药理活性成分的研究基础之上,加快精细化深提取利用构树的有效药物成分并开发制成构树相

关药剂产品(如:构树黄酮、构树单宁、构树多酚等)迫在眉睫。

参 考 文 献

- [1] 黄少鹏.构树宁 E 抑制 LPS 诱导巨噬细胞炎症反应的新功能及机制研究[D].广州:广东药科大学, 2019.
- [2] PENAILLO J, OLIVARES G, MONCADA X, et al. Sex distribution of paper Mulberry (*Broussonetia papyrifera*) in the pacific[J]. PloS one, 2016, 11(8): e161148.
- [3] 魏攀鹏,高正龙,王品胜,等.构树在畜禽生产中的饲用进展[J].养殖与饲料, 2020, 19(8): 80-83.
- [4] HUANG H M, ZHAO Y L, XU Z G, et al. Physiological responses of *Broussonetia papyrifera* to manganese stress, a candidate plant for phytoremediation [J]. Ecotoxicology and environmental safety, 2019, 18(1): 18-25.
- [5] 杨卫泽,袁首乾,廖声熙.云南少数民族利用构树皮手工造纸现状调查[J].林业调查规划, 2015, 40(1): 78-81.
- [6] 叶明伟,汪代华,赵文伯,等.南方地区规模化羊场绿化植物的选择[J].四川畜牧兽医, 2019, 46(7): 37-39.
- [7] 韩爱青.他让古老的中国构树“焕发新生”——记中国科学院植物研究所首席研究员沈世华[J].高科技与产业化, 2019(4): 32-36.
- [8] 陆小鸿.“滋阴补肾”楮实子[J].广西林业, 2016(1): 25-26.
- [9] 胡艳敏,彭献军,沈世华.从古代科技史角度审视构树的多重文化内涵及应用价值[J].北京林业大学学报(社会科学版), 2018, 17(2): 38-43.
- [10] 刘晓军,刘铀,陈绍红,等.构树叶提取物对金黄色葡萄球菌的抑制作用及机理研究[J].中国畜牧兽医, 2013, 40(4): 159-162.
- [11] 周红涛,刘华,周彬.构树纤维的提取与性能研究[J].上海纺织科技, 2013, 41(8): 16-17.
- [12] 徐梦宇,咸淑慧,王荣镇,等.杂交构树根黄酮类物质的提取及其抑菌活性研究[J].食品科技, 2011, 36(4): 194-196.
- [13] 刘晓军,刘铀,陈绍红,等.构树叶提取物抑菌活性的初步观察[J].中国实验方剂学杂志, 2013, 19(19): 283-286.
- [14] 黄涛,王丽,程林,等.构树叶提取物抑菌作用研究[J].安徽农业科学, 2010, 38(33): 18761-18762.
- [15] 李沁媚,徐百昌,李铮,等.杂交构树叶水提液联合抗菌药对多重耐药菌的体外抑菌效果研究[J].中国饲料, 2020(9): 126-131.
- [16] HAN Q H, WU Z L, HUANG B, et al. Extraction, antioxidant and antibacterial activities of *Broussonetia papyrifera* fruits polysaccharides [J]. International journal of biological macromolecules, 2016, 9(2): 116-124.
- [17] RYU H W, PARK M H, KWON O K, et al. Anti-inflammatory flavonoids from root bark of *Broussonetia papyrifera* in LPS-stimulated RAW264.7 cells[J]. Bioorganic chemistry, 2019, 9(2): 103-113.
- [18] LIN L W, CHEN H Y, WU C R, et al. Comparison with various parts of *Broussonetia papyrifera* as to the antinociceptive and

- anti-inflammatory activities in rodents[J].Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 2008,72(9):2377-2384.
- [19] WU W T.Evaluation of anti-inflammatory effects of *Broussonetia papyrifera* stem bark [J].Indian journal of pharmacology, 2012,44(1):26-30.
- [20] LEE J,CHO S,PARK M,et al.*Broussonetia papyrifera* root bark extract exhibits anti-inflammatory effects on adipose tissue and improves insulin sensitivity potentially Via AMPK activation[J].Nutrients, 2020,12(3):125-129.
- [21] KO H J,OH S K,JIN J H,et al.Inhibition of experimental systemic inflammation (Septic inflammation) and chronic bronchitis by new phytoformula BL containing *Broussonetia papyrifera* and *Lonicera japonica* [J].Biomolecules & therapeutics,2013,21(1):66-71.
- [22] HONG S H,KWON J T,SHIN J Y,et al.Therapeutic effect of *Broussonetia papyrifera* and *Lonicera japonica* in ovalbumin-induced murine asthma model [J].Natural product communications, 2013,8(11): 1609-1614.
- [23] SI B W,TAO H,ZHANG X L,et al.Effect of *Broussonetia papyrifera* silage on dry matter intake, milk composition,antioxidant capacity and milk fatty acid profile in dairy cows[J].Asian-australasian journal of animal sciences, 2018,31(8): 1259-1266.
- [24] SUN J,LIU S F,ZHANG C S,et al. Chemical composition and antioxidant activities of *Broussonetia papyrifera* fruits [J].PloS one, 2012,7(2):e32021.
- [25] 司丙文,徐文财,郭江鹏,等.杂交构树青贮对杜寒杂交肉羊生产性能、血清指标及背最长肌脂肪酸组成的影响[J].畜牧兽医学报, 2019,50(7):1424-1432.
- [26] 梁春宇,吴兆海,欧阳佳良,等.杂交构树青贮对泌乳前期奶牛生产性能、养分表观消化率和血清生化指标的影响[J].动物营养学报, 2020(3):1-9.
- [27] YANG C Y,LI F,DU B,et al.Isolation and characterization of new phenolic compounds with estrogen biosynthesis-inhibiting and antioxidation activities from *Broussonetia papyrifera* leaves [J]. PloS one, 2014,9(4):e94198.
- [28] WANG T,YANG X Y, HE R, et al.Protective effects of total flavonoids of *Broussonetia papyrifera* on oxidative injury of ultraviolet A to human keratinocytes[J].Chinese journal of industrial hygiene and occupational diseases, 2005,23(6):442-444.
- [29] 陈绍红,陈训耿,何景淋,等.构树黄酮诱导肝癌细胞凋亡的初步观察[J].安徽农业科学, 2015,43(29):32-34.
- [30] PARK S J,FUD H A,OH S S,et al.Cytotoxic effects of kazinol A derived from *Broussonetia papyrifera* on human bladder cancer cells,T24 and T24R2 [J].Phytomedicine:international journal of phytotherapy and phytopharmacology, 2016,23(12):1462-1468.
- [31] GUO M G,WANG M L,ZHANG X T,et al.Broussonetia flavonol B restricts growth of ER-negative breast cancer stem-like cells [J].Anticancer research, 2013,33(5):1873-1879.
- [32] SHIN S,SON Y L,LIU K H,et al.Cytotoxic activity of broussonetia a against colon and liver cancer cells by promoting destruction complex-independent β -catenin degradation[J].Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association, 2019,13(1):110-115.
- [33] PARK S H,LEE J S,SHON J C,et al.The inhibitory potential of Broussonetia A for the human cytochrome P450 2J2 isoform and its anti-cancer effects via FOXO3 activation[J]. Phytomedicine : international journal of phytotherapy and phytopharmacology, 2018,4(2):199-206.
- [34] PANG S Q,WANG G Q,LIN J S,et al.Cytotoxic activity of the alkaloids from *Broussonetia papyrifera* fruits [J].Pharmaceutical biology, 2014,52(10):1315-1319.
- [35] 余亚茹,王红霞,许重远,等.构树内生真菌次级代谢产物的抗肿瘤活性研究[J].中国临床药理学杂志, 2020,36(16):2425-2427.
- [36] PARK J Y,YU H J,RYU H W,et al. Evaluation of polyphenols from *Broussonetia papyrifera* as coronavirus protease inhibitors [J].Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry, 2017,32(1): 504-515.
- [37] 杜柏槐,刘晓军,陈绍红.构树叶提取物体外抗病毒活性研究[J].安徽农业科学,2016,44(29):144-146.
- [38] 黄伟,陈绍红,刘铀,等.构树总黄酮对免疫抑制小鼠免疫功能的影响[J].中国现代应用药学, 2017,34(1):8-11.
- [39] 马莹,陈星平,习欠云.构树在畜禽养殖业上的应用[J].广东饲料, 2019,28(12):36-38.
- [40] CHA J Y,KIM Y T,KIM H S,et al.Antihyperglycemic effect of stem bark powder from paper mulberry (*Broussonetia kazinoki* Sieb) in type 2 diabetic Otsuka Long-Evans Tokushima fatty rats[J]. Journal of medicinal food, 2008,11(3):499-505.
- [41] 戚亚伟,李勇,赵云涛,等.构树叶对营养性肥胖小鼠脂肪代谢与抗氧化机能的影响[J].动物医学进展, 2014,35(4):49-53.
- [42] 王国权,庞素秋,刘蒲,等.楮实子油对大鼠血脂和脂肪组织的影响[J].华侨大学学报(自然科学版), 2017,38(5):682-686.
- [43] 王丽敏,舒适,杨娟.楮实多糖对小鼠抗疲劳作用的研究[J].食品研究与开发, 2019,40(22):25-28.

【责任编辑:刘少雷】