

桑资源研究进展：从营养价值到化妆品应用

曾甜蕊¹, 杜焱², 原勤轩¹, 汪晓鱼¹, 李萌^{1*}

(1. 北京工商大学 轻工科学与工程学院 北京市植物资源研究开发重点实验室, 北京, 100048;

2. 北京工商大学 商学院, 北京, 100048)

DOI:10.61369/CDCST.2025030018

摘 要: 桑树作为多功能植物, 其根、枝、果、叶富含多种营养成分, 如蛋白质、膳食纤维、维生素等多种生物活性物质, 如多糖、黄酮、生物碱等, 具有抗氧化、美白、舒缓、保湿等多种功效, 在化妆品领域应用前景广阔。文章通过总结近年来国内外关于桑资源营养价值的研究报道, 为桑资源应用于化妆品领域的开发提供参考, 推动其在化妆品及相关产业的高附加值应用。

关 键 词: 桑资源; 营养价值; 生物活性成分; 化妆品应用



曾甜蕊



李萌

第一作者简介: 曾甜蕊, 本科生, 就读于北京工商大学, 从事植物成分在化妆品中的应用研究。

E-mail: 484128550@qq.com。

通讯作者简介: 李萌, 现就职于北京工商大学, 从事天然成分在化妆品中的应用研究。

E-mail: limeng@btbu.edu.cn。

桑树 (*Morus alba* L.) 在植物分类学上属于桑科 (*Moraceae*) 桑属 (*Morus*), 是一种广泛分布于世界各地的落叶乔木。在我国, 其栽培范围覆盖从东北至西南的多个省份; 在中亚、欧洲、美洲等地区, 也存在大量自然种群分布^[1]。桑树在中国的种植历史极为悠久, 可追溯至数千年前, 是中国传统农耕文化的重要组成部分。在古代, 桑树主要用于养蚕, 为丝绸产业提供不可或缺的原料^[2,3]。随着时代变迁与科技发展, 加之人们对天然、绿色化妆品的需求持续攀升^[4-7], 桑树的应用领域也日益拓展。除传统的养蚕用途外, 桑叶、桑枝、桑葚、桑白皮在化妆品等多个领域都展现出巨大的应用价值^[8], 使得桑树成为一种具有重要经济和社会价值的多功能植物。

1. 桑树各部位的营养价值与生物活性

1.1 桑叶

桑叶来自桑科植物桑树 (*Morus alba* L.), 多生长在温暖、湿润的环境中^[9], 约占地上部产量的64%, 是栽桑养蚕的目的收获物^[10], 同时也具有大量的营养成分和生物活性物质^[11]。

1.1.1 营养成分

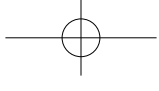
桑叶富含多种营养成分, 包括蛋白质、膳食纤维、维生素和矿物质等。其中, 粗蛋白质含量较高, 占比达15%~30%^[12,13]; 氨基酸共含18种, 动物必需氨基酸占总量的35%, 必需和半必需氨基酸总和超过总量的50%, 种类齐全且含量丰富^[14,15]。同时, 桑叶的膳食纤维含量也颇

为丰富^[16], 其中水不溶性的膳食纤维 (Insoluble dietary fiber, IDF) 能够通过增加肠道内容物体积, 促进肠道蠕动^[17], 预防便秘。此外, 桑叶中还含有丰富的维生素, 如维生素C、维生素E、维生素B1、维生素B2、胡萝卜素等, 以及钙、铁、锌、锰等矿物质^[18-20]。

1.1.2 生物活性成分及功效

黄酮类化合物: 通过超高效液相色谱联合光电二极管阵列探测器结合飞行时间质谱 (UPLC-DAD-QTOF/MS), JU等^[21]从桑叶中分离鉴定出17种黄酮化合物, 包括槲皮素3-O-芦丁苷 (芦丁)、槲皮素3-O-葡萄糖苷 (异槲皮苷)、山奈酚3-O-葡萄糖苷 (黄芪苷)、山奈酚3-O-芸香苷 (烟花苷) 等槲皮素和山奈酚的衍生物^[22,23]。它们能够通过清除体内自由基等方式, 减轻氧化应激对细胞的伤害, 表现出显著的抗氧化活性。同时, 黄酮类化合物还可通过抑制 IL-1 β 、IL-6 和 TNF- α 等促炎细胞因子的生成, 以及降低 NF- κ B 分子的活性, 致使 NF- κ B 转录因子被下调等机制, 发挥抗炎作用^[24,25]。

生物碱: 1-脱氧野尻霉素 (DNJ)、N-甲基-1-DNJ、2-氧- α -D-半乳糖吡喃糖苷-1-DNJ、fagomine 等是桑叶中分离出的多种多羟基生物碱^[26,27], Kang等^[28]研究发现, 桑叶提取物中的1-脱氧野尻霉素 (DNJ) 可通过促进葡萄糖转运蛋白的膜转位, 激活骨骼肌内的 IRS-1/PI3K 信号转导通路, 进一步对糖原合成酶激酶-3 β 和糖原合成酶的蛋白水平产生调控作用, 促使肌糖原含量增加, 最终有效改善胰岛素抵抗状况, 表现出显著的降血糖作用^[29]。同时, 其还具有抗病毒、抗菌、抗炎等作用^[27]。



多糖：由甘露糖、半乳糖、阿拉伯糖、葡萄糖、木糖和鼠李糖等单糖通过糖苷键连接形成的多聚化合物是桑叶多糖。数据显示，风干桑叶中多糖的含量约为2%~3%^[30-33]。吴均等^[31]的研究表明，当桑叶多糖质量浓度为0.08mg/L时，其DPPH自由基清除率为67.46%；当桑叶多糖质量浓度为0.8mg/L时，其ABTS+自由基、羟自由基清除率分别为87.19%，93.44%，具有良好的体外抗氧化活性。此外，桑叶多糖还具备免疫调节、降血糖^[23]、降血脂^[29]等多种生物活性。

γ -氨基丁酸（GABA）：桑叶中含有较高含量的GABA。它是一种中枢神经系统的抑制性传递物质，是脑组织中最重要神经递质之一^[29]，由L-谷氨酸脱羧酶催化谷氨酸脱羧而合成，具有较好的血管紧张素转换酶（angiotensin - convert - ing enzyme, ACE）抑制活性^[32]，可发挥镇静、安神、降血压等作用^[33-36]。

1.2 桑葚

桑葚是桑科植物桑（*Morus alba L.*）的干燥果穗^[37]，又称桑椹子，味甜多汁，深受人们喜爱，是桑树中药价值较高的部分之一，富含多种人体必需的营养成分^[38]和生物活性成分。

1.2.1 营养成分

桑葚富含水分、糖类、蛋白质、维生素、矿物质等多种营养成分^[39]。其游离氨基酸种类达19种，涵盖7种人体必需氨基酸与12种非必需氨基酸，且总氨基酸占比经研究证实^[40]已超过鱼、牛奶等公认的优质蛋白食品^[39]。在维生素方面，桑葚的维生素C含量较高于其他水果，其含量达0.995mg/100g^[41]；同时，还含有维生素A、维生素E、维生素K等。在矿物质方面，桑葚富含钙、铁、锌、硒等元素，其中铁元素含量较为突出^[42-45]，具有一定的补血功效。

1.2.2 生物活性成分及功效

花青素：桑葚中含有丰富的花青素，其含量随桑葚的发育过程逐渐上升^[43]。作为一类广泛存在于植物中的水溶性黄酮类化合物，桑葚花青素因具有黄酮阳离子这一特殊化学结构而有别于其他黄酮类物质，主要包括矢车菊-3-O-葡萄糖苷、矢车菊-3-O-芸香糖苷、天竺葵素-3-葡萄糖苷和天竺葵素-3-芸香糖苷^[44]。同时，桑葚花青素在疾病预防和治疗领域有着重大意义^[46-49]，抗氧化性能强，能清除体内自由基^[50,51]，减轻氧化应激对细胞的损伤，发挥延缓衰老的作用；并通过调节相关信号、抑制

胃癌、膀胱癌等肿瘤细胞的DNA合成和有丝分裂，诱导肿瘤细胞凋亡和自噬，具有抗癌、预防心血管疾病等多种功效^[52]。

白藜芦醇：白藜芦醇是一种具有多种生物活性的多酚类化合物，在桑葚中含量较高。该物质能够有效降低活性氧（ROS）水平并抑制脂质过氧化，从而减少DNA损伤^[39]，具有抗氧化^[53,54]、抗炎、抗菌、抗癌、保护心血管等作用。其作用机制包括通过调控人体内特定基因来实现对癌细胞生长的抑制作用，同时阻止栓塞在血液细胞中的形成^[55]。

多糖：桑树中的多糖类化合物来自桑树细胞壁，是由醛糖或酮糖通过糖苷键连接而成的天然高分子多聚物，属于杂多糖，由葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖等单糖组成^[56]，含量约占总体的10%左右。研究表明，桑葚多糖可通过增加胰岛素分泌及促进胰岛 β 细胞增殖，从而降低血糖水平^[39]；在过氧化氢诱导的PC-12细胞氧化损伤模型中，桑葚多糖不仅可使正常PC-12细胞的存活率增大至41.81%，还对该细胞的氧化损伤具有强效保护作用^[57]，因而发挥降血糖、抗衰老等功效^[58]。

1.3 桑枝

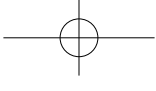
桑枝是桑科植物桑（*Morus alba L.*）的干燥嫩枝，性平，味微苦^[59]，在传统医学中常被用作药材，具有祛风湿、利关节等功效^[60]。同时，现代研究表明，桑枝也含有多种生物活性成分，具有一定的营养价值。

1.3.1 营养成分

桑枝中含有一定量的蛋白质、膳食纤维、碳水化合物等营养成分，其中桑枝干物质中的粗蛋白质含量达8.43%^[61]。此外，桑枝还富含多种矿物质，如钾、钙、镁、铁、锌等，营养成分较为丰富。

1.3.2 生物活性成分及功效

黄酮类化合物：桑枝茎中的黄酮类化合物包括桑素（Mulberrin）、桑色烯（Mulberrochromene）、环桑素（Cyclomulberrin）、环桑色烯（Cyclomulberrochromene）等^[61-64]，总黄酮平均含量为0.719%^[59]。同时，研究表明，桑枝总黄酮含量与抗氧化能力呈正相关，且其可呈剂量依赖性降低细胞上清液中一氧化氮（nitric oxide, NO）的含量，同时无细胞毒性。其作用机制为通过调控丝裂原活化蛋白激酶（mitogen-activated protein kinase, MAPK）信号转导通路，抑制诱导型一氧化氮合酶（inducible nitric oxide synthase, iNOS）的基因及蛋白表达，从而降低NO含量，



提升细胞总抗氧化能力^[65,66]。此外,桑枝黄酮类化合物在杀菌消炎及抗病毒方面也起到一定作用。

生物碱: 1-deoxynojirimycin、N-methyl-1-deoxynojirimycin、fagomine、4-O- β -D-glucopyranosyl fagomine 是从桑枝水提物中分离到的4种多羟基生物碱^[67]。其中,1-DNJ作为代表性生物碱类成分,是一种高效的 α -葡萄糖苷酶抑制剂。其作用机制体现为:在催化口袋内,1-DNJ与 α -葡萄糖苷酶的亲和力显著高于麦芽糖等双糖,二者通过氢键结合后,可抑制双糖水解及血糖升高。同时,其还有抗病毒、抗肿瘤^[68,69]等作用。

多糖: 桑枝多糖由鞣质、游离的蔗糖、果糖、小苏糖、葡萄糖、麦芽糖、棉籽糖、阿拉伯糖、木糖等构成,是一种由多种单糖组成的生物大分子^[70]。研究表明,桑枝多糖可显著提高免疫低下小鼠的吞噬指数,增强网状内皮细胞的吞噬功能、小鼠迟发型变态反应能力及T细胞活性,具有免疫调节作用^[59,71]。此外,桑枝多糖对糖尿病小鼠肾脏损伤有一定的保护作用,其作用机制可能与增加皮质沉默信息调节因子1(silent information regulator1, SIRT1)及叉头转录因子(forkhead transcription factor, FOXO1)的蛋白表达,增强组织的抗氧化能力相关^[65,72],体现出抗氧化^[56]等生物活性。

1.4 桑白皮

桑白皮是通过对桑根进行采挖,洗净后趁新鲜剥去其黄棕色外皮,再除去内部木心而得到的物质^[73]。其是一种常用的中药材,具有泻肺平喘、利水消肿等功效。研究表明,桑白皮含有多种生物活性成分,具有一定的保健和药用价值^[74]。

1.4.1 营养成分

桑白皮中含有蛋白质、碳水化合物、膳食纤维等营养成分,亦含钾、钙、镁等多种矿物质,还有维生素B族、维生素C等,营养较为丰富。

1.4.2 生物活性成分及功效

黄酮类化合物: 桑白皮中的黄酮类化合物种类丰富,与多数桑属植物类似,主要有黄酮类、二氢黄、酮类、查尔酮类等^[75],其中黄酮类化合物如桑酮G, H(KuwanonG, H)、桑根酮C, D(Sanggenon-C, D)、桑呋喃C, F, G(Mulber-rofuranC, F, G)等成分,在降血压方面的作用较为显著^[76]。而黄酮morusin、kuwanon H和morusin-4-glucoside在抗HIV病毒方面表现出一定活性^[77,78]。

芪类化合物: 芪类化合物在桑属中主要分为二苯乙烯类、2-苯基苯并呋喃类和芪类低聚物三类。白藜芦醇(resveratrol)、氧化白藜芦醇(oxyresveratrol)、桑皮苷A(mulberroside A)等是从桑白皮中分离得到的主要的二苯乙烯类化合物。moracin A-Z, macrourin A等则是从桑白皮中分离得到的主要的苯并呋喃类化合物。而从桑白皮中分离得到的芪类低聚物主要包括alboctalol, macrourin B, D, andalasin B等^[79],它们都具有抗菌、抗炎、抗肿瘤等作用。

多糖: 桑白皮多糖是一种由多种单糖组成的杂多糖,包括黏液素、桑多糖(为干扰素诱发物lhterleroninducer)^[80-82]、甲壳素、壳聚糖^[83],具有抗氧化、免疫调节等生物活性。

2. 桑资源在化妆品中的应用

桑资源的叶、果、枝、根皮等部位,凭借其丰富的生物活性成分,在化妆品领域展现出多样的应用价值,涵盖了抗氧化、美白、保湿、舒缓、护发等多个方面。

在抗氧化与抗衰老方面,桑叶中的黄酮类化合物、多糖;桑葚中的花青素、白藜芦醇;桑枝中的黄酮类化合物、多糖以及桑白皮中的黄酮类化合物、多糖等成分,都具有较强的抗氧化活性。其能够高效清除 $\cdot$ H、DPPH $\cdot$ 和ARTS等自由基,抑制脂质过氧化,并且其抗氧化能力和本身浓度呈正相关^[84],通过减少氧化应激对皮肤细胞的损伤,从而延缓皮肤衰老,如皱纹、松弛、色斑等现象的出现。因此,这些部位的提取物常被添加到面霜、乳液、精华液等化妆品中,例如近年来桑葚提取物就频繁被现在市场上销售的雅诗兰黛希思黎抗皱活肤亮肌精华液等商品添加^[85],以增强产品的抗氧化性能,帮助皮肤保持弹性和光泽。

美白功效是桑资源在化妆品中应用的重要方向。桑叶中的桑白皮素、苹果酸、柠檬酸;桑葚中的花青素;桑白皮中的桑皮素等成分,能够抑制酪氨酸酶的活性,减少黑色素的生成^[86]。基于此,它们的提取物被广泛用于美白面膜、美白爽肤水、美白精华等产品中,有助于改善肌肤暗沉,提亮肤色,使肌肤更加白皙透亮。

保湿方面,桑叶中的多糖、氨基酸;桑葚中的多糖和丰富水分;桑白皮中的多糖等成分,都具有良好的保湿性能。它们的保湿功效主要得益于多糖的成膜性能良好,容

易形成一层均匀的薄膜覆盖在皮肤表面,减少水分在皮肤表面的蒸发,帮助皮肤锁住水分,保持水润状态^[87]。这些提取物常被添加到保湿乳液、保湿面霜、保湿爽肤水等保湿类化妆品中,提高产品的保湿效果,让皮肤更加柔软、光滑。

舒缓作用也是桑资源在化妆品中应用的一大亮点。桑叶中的黄酮类化合物、生物碱,桑枝中的黄酮类化合物,桑白皮中的黄酮类化合物等成分,能够减轻皮肤炎症反应,对痤疮、湿疹、皮炎、脂溢性皮炎等皮肤炎症性疾病有一定的预防和舒缓作用^[88]。含有这些提取物的化妆品,如舒缓乳液、抗炎面霜等,可帮助舒缓敏感肌肤,减轻皮肤红肿、瘙痒等不适症状。

此外,桑葚中的营养成分对头发也有很好的滋养作用,能够改善发质,使头发更加乌黑亮泽、柔顺有光泽,因此桑葚提取物还被应用于发膜、护发素等护发类化妆品中,帮助修复受损发质,预防脱发。

3. 总结和展望

桑树作为一种多功能植物,其根、枝、叶、果各部位均具有很高的经济开发价值,在综合利用方面展现出巨大潜力。从营养价值来看,桑各部位富含多种营养成分,包括蛋白质、膳食纤维、维生素及矿物质等,其中桑叶蛋白质和氨基酸含量丰富且组成合理,桑葚的维生素C和铁元素含量较为突出,为相关领域开发提供了良好的物质基础。在生物活性成分方面,桑资源中含有的黄酮类化合物、生物碱、多糖以及花青素、白藜芦醇、 γ -氨基丁酸等成分,赋予了其抗氧化、美白、免疫调节、保湿、舒缓等多种功效^[23,27,29,46,51,56]。

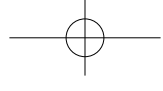
基于这些优良特性,桑资源在化妆品领域得到了广泛应用,涵盖了抗氧化与抗衰老、美白、保湿、舒缓、护发等多个方面。市场上也已出现添加桑提取物的化妆品产品,充分体现了其在该领域的应用价值和前景^[85]。不过,目前桑资源的开发利用仍存在一些问題,比如对部分生物活性成分的作用机制研究还不够深入,多停留在初步阶段;提取工艺有待进一步优化,以提高活性成分的提取率和稳定性,尤其是对于一些易受外界因素影响的成分;同时,相关的质量标准和评价体系还不够完善,一定程度上影响了桑资源的规模化和规范化应用。

未来,桑资源的综合利用应朝着更加深入和广阔的方

向发展。在基础研究方面,需要进一步深入探究桑各部位生物活性成分的具体作用机制,特别是在化妆品应用中与皮肤相互作用的分子机制,为其功效提供更坚实的理论支撑。在技术层面,应加强提取工艺的创新,开发更加高效、绿色、环保的提取方法,同时研究有效的稳定化技术,解决活性成分在储存和应用过程中的稳定性问題^[84],不断提升桑资源的开发利用水平,提高其附加值,使其在化妆品及相关产业中发挥更大的作用,为产业发展带来新的机遇。

参考文献:

- [1]刘岩,林天宝,魏佳,等.浙江12种桑树叶片营养品质的综合评价[J/OL].浙江农业科学,1-9[2025-07-08].<https://doi.org/10.16178/j.issn.0528-9017.20240613>.
- [2]马三垣,夏庆友.家蚕遗传育种:从传统杂交到分子设计[J].遗传,2017,39(11):1025-1032.
- [3]李娜,张少雨,杨贵明,等.桑树资源在医药行业上的应用及展望[J].北方蚕业,2014,35(02):1-3.
- [4]孙绪,邱红燕.植物提取物在化妆品中的使用情况分析[J].广州化工,2025,53(10):34-37.
- [5]王领.植物活性成分在化妆品护肤领域的应用和发展[J].中国化妆品,2021,(08):18-21.
- [6]陈颖茵.植物提取物在化妆品中的应用概况与展望[J].云南化工,2021,48(06):8-11.
- [7]李帅涛,石钺,何淼,等.化妆品植物原料现状及应用发展[J].中国化妆品,2022,(Z2):74-77.
- [8]蓝斌.桑树主要栽培技术的应用过程及常发生的几种病虫害的科学防治方法分析[J].种子世界,2025,(05):171-173.
- [9]张湘,夏凯,杨宗玲,等.桑叶多靶向提取工艺优化及体外降糖活性[J/OL].中国食品学报,1-16[2025-07-28].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4528.TS.20250723.1657.012.html>.
- [10]黎小萍,陈华玲.桑树的综合开发与利用[J].蚕桑通报,2001,(03):49-51.
- [11]胡虹,郑祥华.桑树资源的综合利用[J].农技服务,2010,27(07):892-893.
- [12]颜书锐,曾珠,陈代文,等.桑叶的营养价值及其在畜牧生产中的应用[J].蚕学通讯,2024,44(02):47-60.
- [13]MA G,CHAI X,HOU G,et al.Phytochemistry,bioactivities and future prospects of mulberry leaves:A review[J/OL].Food Chem,2022(372):131335[2023-01-04].<https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0308814621023414> via%3Dihub.
- [14]唐延天,陈卫东,马现永,等.桑叶的营养价值及其在单胃动物生产中的应用[J].饲料研究,2020,43(1):77-80.
- [15]王芳,乔璐,张庆庆,等.桑叶蛋白氨基酸组成分析及营养价值评价[J].食品科学,2015,36(1):225-228.
- [16]中国农业科学院北京畜牧兽医研究所,动物营养学国家重点实验室中国饲料数据库情报网中心,国家农业科学数据中心(动物科学).中国饲料成分及营养价值表(2022年第33版)制订说明[J].中国饲料,2022(23):109-119.



- [17]王宇晶.膳食纤维提取工艺及其对肠道健康的影响[J].农产品加工,2025,(12):107-110.
- [18]SRIVASTAVA S,KAPOOR R,THATHOLA A,et al.Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (*Morus alba*)[J].Int J Food Sci Nutr,2006,57(5-6):305-313.
- [19]郑莎,曾卫湘,韩冷,等.45个桑种质和品种资源叶的营养品质综合评价[J].食品科学,2017,38(8):159-163.
- [20]李有业,卜颖,耿凤琴.桑叶制品在日本的研究和利用[J].蚕桑茶叶通讯,1999(4):21-35.
- [21]JU WT,KWON OC,KIN HB,et al. Qualitative and quantitative analysis of flavonoids from 12 species of Korean mulberry leaves[J]. J Food Sci Technol,2018,55(5): 1789-1796.
- [22]徐雯雯,陆春霞,肖潇,等.桑叶的生物活性物质及其综合利用研究进展[J].食品安全质量检测学报,2024,15(16):219-228.
- [23]Kim Sy.Antionxiative Flavonoids from the Leaves of *Morus Alba*[J].Arch Pharm Res, 1999,22(1):81.
- [24]MALEKI S J,CRESPO J F,CABANILLAS B.Anti-inflammatory effects of flavonoids[J/OL].Food Chem,2019(299):125124 .https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619312300 via%3Dihub.
- [25]CHEN G L,FAN M X,WU J L,et al.Antioxidant and anti-inflammatory properties of flavonoids from lotus plumule[J].Food Chem,2019(277):706-712.
- [26]Kayo Doi.Studies on the Constituents of the Leaves of *Morus Alba* L[J].Chem Pharm Bull,2001,49(2):151-153.
- [27]欧阳臻,陈钧.桑叶的化学成分及其药理作用研究进展[J].江苏大学学报(自然科学版),2003,(06):39-44.
- [28]KANG C W,PARK M,LEE H J.Mulberry (*Morus alba* L.) leaf extract and 1-deoxynojirimycin improve skeletal muscle insulin resistance via the activation of IRS-1/PI3K/akt pathway in db/db mice[J].Life,2022,12(10):1630.
- [29]王芳,励建荣.桑叶的化学成分、生理功能及应用研究进展[J].食品科学,2005,(S1):111-117.
- [30]程莹,赵骏.桑叶多糖含量测定与成分分析[J].中国临床药理学杂志,2017,33(18):1803-1805,1809.
- [31]吴均,杨碧文,赵珮,等.桑叶多糖提取工艺优化及体外抗氧化活性研究[J].食品与机械,2024,40(12):170-177.
- [32]夏文银,吴劲轩,殷浩,等.桑叶茶活性成分、功效及影响因素研究进展[J].食品研究与开发,2024,45(14):217-224.
- [33]欧阳臻,李永辉,宿树兰,等.桑叶多糖的含量测定[J].食品科学,2003,24(11):118-120.
- [34]WANG F,LI J,JIANG Y.Polysaccharides from mulberry leaf in relation to their antioxidant activity and antibacterial ability[J].Journal of Food Process Engineering,2010,33(1):39-50.
- [35]赵丽珺,齐凤兰,瞿晓华,等.桑叶的营养保健作用及综合利用[J].中国食物与营养,2004,(02):23-26.
- [36]杨海霞,朱祥瑞,陆洪省.桑叶保健制品开发利用研究进展[J].科技通报,2003,(01):72-76.
- [37]张志强,杨清香,孙来华.桑葚的开发及利用现状[J].中国食品添加剂,2009(4):65-68.
- [38]孙洁民.丹参、桑椹子、四物汤对小鼠免疫功能的实验研究[J].中医药研究,1991,(3):50-51.
- [39]闫子轩,陈海洋,胡云飞,等.桑葚化学成分、药理活性及产品开发研究进展[J].中南药学,2025,23(03):690-699.
- [40]Hussain SZ,Naseer B,Qadri T,et al. Mulberry(*M. rubra*)—morphology,taxonomy,composition and health benefits[M]. Cham:Springer International Publishing,2021:305-315.
- [41]吴祖芳,翁佩芳.桑椹的营养组分与功能特性分析[J].中国食品学报,2005,(03):109-114.
- [42]施焕香,肖小平,贾亚洲等.桑果开发前景广阔[J].西北园艺.1999,(2):2-3.
- [43]孟依娜,蒋素文,胡爱荣,等.桑葚提取物药理学价值的基础研究进展[J].现代实用医学,2020,32(02):274-277.
- [44]Yan F, Chen X, Zheng X, et al. Protective effect of mulberry fruit anthocyanin on human hepatocyte cells (LO2) and *Caenorhabditis elegans* under hyperglycemic conditions[J]. Food Res Int, 2017,102:213-224.
- [45]Akbulut. Comparison of mineral contents of mulberry (*Morus* spp.) fruits and their pekmez (Boiled mulberry juice) samples[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition,2009,60(3):231-239.
- [46]BAE S H, SUH H J. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea[J]. LWT, 2007, 40(6): 955-962.
- [47]ERCISLI S, ORHAN E. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*)and black (*Morus nigra*) mulberry fruits[J]. Food Chemistry, 2007, 103(4): 1380-1384.
- [48]MARIKO N HASSIMOTTO A, GENOVESE M I, et al. Absorption and metabolism of cyanidin-3-glucoside and cyanidin-3-rutinoside extracted from wild mulberry (*Morus nigra*L.)in rats[J]. Nutrition Research, 2008,28(3):198-207.
- [49]江岩.新疆药桑椹花青素的提取和测定[J].食品科学,2010,31(14):93-96.
- [50]天津、无锡轻院合编.食品生物化学[M].北京:轻工业出版社,1981.405-409.
- [51]朱祥瑞,鲍惠金.桑叶超氧化物歧化酶(SOD)的研究[J].蚕业科学,1995,21(4):214-218.
- [52]王振江,肖更生,刘学铭,等.桑椹花青素的研究进展[J].蚕业科学,2006,(01):90-94.
- [53]Chanvitayapongs S,Draczynska-Lusiak B,Sun A Y.Amelioration of oxidative stress by antioxidants and resveratrol on PC12cell[J]. Neuroreport,1997,8(6):1499-1502.
- [54]Frankel E N,Waterhouse A L,Kinsella J E.Inhibition of human LDL oxidation by resveratrol[J].Lancet,1993,341(8852):1103-1104.
- [55]Jin-Yuarn Lin, Ching-Yin Tang. Strawberry, loquat, mulberry, and bitter melon juices exhibit prophylactic effects on LPS-induced inflammation using murine peritoneal macrophages[J]. Food Chemistry,2008,107:1587-1596.
- [56]蒋昊,徐立,刘峻池,等.药桑的生物活性成分及药理作用研究进展[J].蚕业科学,2011,37(01):98-104.
- [57]张培丽,张帅,张雪香,等.桑葚多糖对H2O2诱导PC-12细胞氧化损伤的保护作用[J].现代食品科技,2015,31(11):20-25.
- [58]张文娜,姚清国,俞龙泉,等.桑椹化学成分及药理作用研究进展[J].安徽农业科学,2011,39(14):8371-8373+8375.
- [59]邢冬杰,项东宇,张彩坤.桑枝活性成分提取及药理作用研究进展[J].中国现代中药,2014,16(11):957-960.
- [60]吴志平,周巧霞,顾振纶,等.桑树不同药用部位的降血糖效果比较[J].蚕业科学,2005,(02):215-217.
- [61]李仕培,黎尔纳,周东来,等.桑树资源功能性饲料开发的研究进展[J].中国饲料,2024,(03):156-164.

[62]褚伟,徐洁.桑椹子对血虚瘀血及免疫功能的影响[J].湖北中医杂志,1994,(6):467-468.

[63]刘刚,佟万红,黄盖群,等.桑枝的营养功能性成分及我国桑枝综合利用研究[J].陕西农业科学,2008,(06):95-98.

[64]周林,徐立,伍春,等.桑枝皮总黄酮提取工艺条件的优化试验[J].蚕业科学,2010,36(03):491-495.

[65]郭福团,许雄伟,潘建峰,等.桑枝多糖对糖尿病肾病小鼠肾皮质氧化应激作用的影响[J].中国药理学通报,2016,32(8):1148-52.

[66]廖森泰,何雪梅,邹宇晓,等.广东桑枝条黄酮含量测定及抗氧化活性研究[J].北方蚕业,2005,26(3):37-41.

[67]陈震,汪仁芸,朱丽莲,等.桑枝水提取物化学成分的研究[J].中草药,2000,(7):502-503.

[68]Timokhova A V, Bakinovskii L V, Zinin A I, et al. Affect of de-oxyojirimycin derivatives on hepatitis C virus morphogenesis[J]. Mol Biol (Mosk), 2012, 46 (4) :644-653.

[69]Wang R J, Yang C H, Hu M L. 1-Deoxynojirimycin inhibits metastasis of B16F10 melanoma cells by attenuating the activity and expression of matrix metalloproteinases-2 and -9 and altering cell surface glycosylation[J]. J Agric Food Chem, 2010, 58(16):8988-8993.

[70]褚伟,徐洁.桑椹子对血虚瘀血及免疫功能的影响[J].湖北中医杂志,1994,(6):467-468.

[71]郭明鑫,吴霞,沈颖,等.桑枝的化学成分、药理活性研究进展及质量标志物预测分析[J].西北药学杂志,2023,38(05):224-229.

[72]游元元,万德光,杨文宇,等.四种桑类药材对小鼠免疫功能的影响[J].中药药理与临床,2008,24(3):83-84.

[73]何雪梅,廖森泰,刘吉平.桑树的营养功能性成分及药理作用研究进展[J].蚕业科学,2004,(04):390-394.

[74]刘红森,李艳玲,黄志云.桑白皮药理作用研究进展[J].中国实验方剂学杂志,2019,25(20):229-234.

[75]侯宝林,施洋,赵俊芳,等.桑白皮化学成分及药理作用研究进展[J].辽宁中医杂志,2020,47(08):212-214.

[76]陆向红,任其龙,苏云.从桑白皮中提取药物成分桑根酮 C[J].浙江大学学报(理学),2001,28(6):665-671.

[77]Fu Kai T, Hano Y, Hirakura K, et al. Chem Pharm [J]. Bull, 1985, 33(8):3195-3204.

[78]罗士德, Nemec J, 宁冰梅.桑白皮中抗人爱滋病病毒(HIV)成分研究[J].云南植物研究,1995,17(1):89-95.

[79]李墨灵,张哈,夏庆梅.桑白皮的化学、药理与药代动力学研究进展[J].西部中医药,2017,30(02):137-139.

[80]江苏新医学院.中药大辞典(下册)[M].上海:上海科学技术出版社,2003.

[81]肖培根.新编中药志(第三卷)[M].北京:化学工业出版社,2002.655.

[82]宋立人.现代中药学大辞典(下册)[M].北京:人民卫生出版社,2001.

[83]杨迺嘉,郑显明.桑白皮中壳聚糖的分离与鉴定[J].天然产物研究与开发,1999,(05):38-41.

[84]吴娅楠,黄增辉,徐立.桑树美白活性的研究进展[J].蚕学通讯,2013,33(2):7-14.

[85]王莹,董怡,许宝宁.植物提取物在化妆品中的应用及展望[J].杭州化工,2016,46(02):11-14+19.

[86]李忠逵,杨霞卿,魏要武,等.美白类植物提取物筛选及优化[J].广州化工,2023,51(23):51-53.

[87]Vijayendra S V N, Shamala T R. Film forming microbial biopolymers for commercial applications—A review[J]. Critical Reviews in Biotechnology, 2014, 34(4):338-357.

[88]杜晓童.桑椹抗炎活性物质分析及其作用机制研究[D].广东海洋大学,2020.

Research Progress of Mulberry: From Nutritional Value to Cosmetic Applications

Zeng Tian-rui¹, Du Yi², Yuan Qin-xuan¹, Wang Xiao-yu¹, Li Meng^{1*}

(1.Beijing Key Laboratory of Plant Resource Research and Development, College of Light Industry Science and Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048

2. College of Business, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048)

Abstract : As a multi-functional plant, mulberry is rich in various nutritional components such as protein, dietary fiber, and vitamins, as well as multiple bioactive substances like polysaccharides, flavonoids, and alkaloids in its roots, branches, fruits, and leaves. It exhibits various effects including antioxidant, whitening, soothing, and moisturizing properties, thus boasting broad application prospects in the cosmetics field. This article summarizes recent domestic and international research reports on the nutritional value of mulberry resources, aiming to provide references for the development of mulberry resources in the cosmetics industry and promote their high-value-added applications in cosmetics and related industries.

Keywords : mulberry resources; nutritional value; bioactive components; cosmetic applications

