

# 桦树汁功能活性及产品开发现状

徐凌霏<sup>1</sup> 张国锋<sup>2</sup> 王伟伟<sup>3</sup> 张文君<sup>1,4</sup>

(1. 哈尔滨商业大学药学院, 黑龙江 哈尔滨 150076; 2. 黑龙江农业工程职业学院, 黑龙江 哈尔滨 150088; 3. 黑龙江省中医药大学附属第二医院, 黑龙江 哈尔滨 150040; 4. 抗肿瘤天然药物教育部工程研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150076)

**摘要:** 桦树汁是一种具有保健功能的天然饮品, 具有补充维生素及矿物质、治疗肾病、缓解痛风、抗菌消炎、提高免疫力等多种功效。作为食品工业中的一个研究热点, 桦树汁具有潜在的商业价值, 但目前鲜有对桦树汁及其产品的系统性综述。文章总结了桦树汁产品开发现状及桦树汁产业所面临的问题, 并对桦树汁产业的发展方向进行了展望。

**关键词:** 桦树汁; 营养功能; 产品开发; 经济价值

## Review of the active function of birch juice and its product development

XU Lingfei<sup>1</sup> ZHANG Guofeng<sup>2</sup> WANG Weiwei<sup>3</sup> ZHANG Wenjun<sup>1,4</sup>

(1. College of Pharmacy, Harbin University of Commerce, Harbin, Heilongjiang 150076, China; 2. Heilongjiang Agricultural Engineering Vocational College, Harbin, Heilongjiang 150088, China; 3. The Second Affiliated Hospital of Heilongjiang University of Traditional Chinese Medicine, Harbin, Heilongjiang 150040, China; 4. Anti Tumor Natural Drugs Engineering Research Center of the Ministry of Education, Harbin, Heilongjiang 150076, China)

**Abstract:** Birch juice is a natural beverage with numerous health benefits including providing essential vitamins and minerals, treating kidney disease, relieving gout, exhibiting antibacterial and anti-inflammatory properties, and enhancing immunity. As a rising focus in the food industry, birch juice has potential commercial value, but there are few systematic reviews on birch juice and its products. In order to promote the sustainable development of the birch juice industry in China, based on the main components, efficacy and application of the birch juice, this review summarized the current situation of the birch juice product development and the problems faced by the birch juice industry, and prospected the future development of the birch juice industry, in order to provide a theoretical reference for the further development and application of birch juice.

**Keywords:** birch juice; nutritional function; product development; economic value

桦树汁, 也称桦木蜜或桦树液, 为春季桦树钻孔涌出的伤流液。其外观为透明、呈微黄色或微乳白色液体, 口感微甜, 有特殊的木质清香味<sup>[1]</sup>。白桦树通过光合作用在其树干内积聚了大量营养物质和多酚、黄酮等抗氧化物质, 秋季以淀粉等形式贮存在其根部, 次年春天贮存的营养物质转化为糖及其他成分, 并沿树干向树的上部输送, 此时引流出的液体即为桦树汁。20世纪70年代初, 美国、苏联、波兰、加拿大等国家就已经开始生产加工出一系列以桦树汁为原料的食品、保健品以及化妆品。20世纪80年代, 中国黑龙江开始进行桦树汁的规模性采集, 主要生产桦树汁饮料、酒等产

品。20世纪90年代, 原卫生部批准“桦汁浓缩液”为新食品原料, 目前俄罗斯、白俄罗斯、乌克兰、爱沙尼亚、拉脱维亚、芬兰、日本、韩国以及中国都在大规模地采集桦树汁<sup>[2]</sup>。桦树汁具有较高的可食性和功能性, 与桦树的另一副产品桦树皮相比, 有关桦树汁的化学成分和药理活性的研究较少, 且尚未见桦树汁产品及产业现状的具体总结。文章拟综述桦树汁营养成分及功效的研究进展和产品开发情况, 并分析目前桦树汁产业现状及其所面临的问题, 以期对桦树汁功能性食品的生产 and 药用研究提供依据。

**基金项目:** 新一轮黑龙江省“双一流”学科协同创新成果项目(编号: LJGXCG2023-101)

**通信作者:** 张文君(1982—), 女, 哈尔滨商业大学教授, 博士。E-mail: wenjun0501@126.com

**收稿日期:** 2024-04-01 **改回日期:** 2024-11-03

## 1 桦树汁中主要化学成分

桦树汁的pH值一般为5.69~6.44,其中富含多种营养物质。目前,已检测到桦树汁中含有5种糖类、5种有机酸类、12种脂肪酸、17种氨基酸及5种维生素(V<sub>B1</sub>、V<sub>B2</sub>、V<sub>B3</sub>、V<sub>C</sub>、V<sub>E</sub>)<sup>[3]</sup>,具体成分见表1和表2。桦树汁中糖分含量取决于上一年的能量储备,且受季节因素的影响<sup>[7]</sup>。桦树汁中总糖约占1%,总糖中约有45%的葡萄糖和42%~54%的果糖,还含有少量蔗糖和微量半乳糖<sup>[8]</sup>。桦树汁中还含有多种矿物质,其中钙、镁、锌、钾、锰、磷、钠、铁为主要的矿物质<sup>[9-10]</sup>。此外,桦树汁中还含有三萜类、酚类、黄酮类、香精油、桦芽醇、皂甙化合物、细胞分裂素、生长素、硫氨基酸等成分<sup>[11-13]</sup>。

## 2 桦树汁的功效及应用

天然桦树汁含有人体必需的碳水化合物、氨基酸、有机酸和各种无机盐,是世界上公认的营养丰富的生理活性水。桦树汁被欧洲人称为“天然啤酒”和“森林饮料”<sup>[14]</sup>。1772年桦树汁就被载入《丹麦药典》,建议用来治疗肝炎、皮疹、和坏血病。《中药本草》中记载:桦树汁味苦,性凉,无毒;内服可祛痰止咳、清热解毒;主治咳嗽、气喘、小便赤涩等症状<sup>[15]</sup>。《吉林中草药》中记载:取桦树液汁,鲜用,日服一次,每次二酒杯,可用于止咳、治痰喘咳嗽。

### 2.1 补充维生素以及矿物质

中国儿童营养缺乏、膳食结构失衡和因维生素或其他营养素摄入不足造成的隐性饥饿情况普遍存在<sup>[16-18]</sup>。桦树汁作为辅助食品可改善隐性饥饿症状,提供人体必需的微量元素,其中维生素C能够有效促进胶原蛋白的合成,而胶原蛋白是维持关节健康、缓解关节疼痛、改善关节磨损的重要物质,此外维生素C还可以促进赖氨酸羟基化,进而有效促进胶原蛋白的合成,维持皮肤的弹性和紧致度。铁元素在人体内参与血红蛋白以及各种酶的合成,促进生长,在血液中运输氧和营养物质,桦树汁可改善人体因铁元素摄入不足导致的缺铁性贫血。马合沙提等<sup>[19]</sup>从新疆白桦树中检测到微量元素硒,其质量浓度高达0.06 mg/L。作为人体不可缺少的微量营养素,硒对生长激素的产生和释放有影响,对儿童和青少年的生长发育起到促进作用,还能够降低血液中胆固醇和甘油三酯的水平,从而预防心血管疾病。此外,硒可有效改善铅暴露造成的损伤<sup>[20]</sup>,促进机体将铅排出体外,降低对代谢、免疫系统的影响。

表2 桦树汁中脂肪酸种类及占总脂肪酸比例<sup>[6]</sup>

Table 2 Types of fatty acids in birch sap and their proportion in total fatty acids

类别	脂肪酸名称	占总脂肪酸比例/%
饱和脂肪酸	棕榈油酸、硬脂酸、二十五烷酸	45.38
不饱和脂肪酸	芥酸、十二碳三烯酸、油酸、花生酸、亚油酸、亚麻酸、十七烯酸、十二烯酸、十四烯酸	54.62

表1 桦树汁中糖类、有机酸类、氨基酸的种类及含量

Table 1 Types and contents of sugars, organic acids and amino acids in birch sap

种类	主要营养成分	含量/(g·L <sup>-1</sup> )	参考文献
糖类	葡萄糖	2.500~4.700	[4]
	果糖	2.300~4.500	[4]
	蔗糖	<0.700	[4]
	半乳糖	<0.050	[4]
	糖醇肌醇	痕量	[4]
有机酸类	苹果酸	0.100~0.700	[4]
	琥珀酸	<0.100	[4]
	柠檬酸	<0.100	[4]
	磷酸	<0.040	[4]
	富马酸	痕量	[4]
	氨基酸	谷氨酸(Gln)	1.057
天冬氨酸(Asn)		0.510	[5]
缬氨酸(Val)		0.078	[5]
异亮氨酸(Ile)		0.065	[5]
蛋氨酸(Met)		0.056	[5]
亮氨酸(Leu)		0.051	[5]
赖氨酸(Lys)		0.045	[5]
苯丙氨酸(Phe)		0.038	[5]
丙氨酸(Ala)		0.037	[5]
甘氨酸(Gly)		0.036	[5]
苏氨酸(Thr)		0.036	[5]
精氨酸(Arg)		0.034	[5]
胱氨酸(Cys)		0.034	[5]
脯氨酸(Pro)		0.028	[5]
丝氨酸(Ser)	0.018	[5]	
酪氨酸(Tyr)	0.010	[5]	
组氨酸(His)	0.010	[5]	

### 2.2 治疗肾病、缓解痛风

《黑龙江常用中医药手册》中记载,桦树汁可治肾脏疾病、痛风,还有清热解毒的作用。国外有将桦树汁开发为治疗尿路感染、心血管系统水肿、肾结石和肾炎、痛风等疾病的药物<sup>[21]</sup>。顺铂(CDDP)作为一种临床常用的抗癌药物,被广泛用于治疗多种癌症,如头颈部、膀胱、卵巢、非小细胞肺癌等,但连续给药后会氧化应激诱导产生肾毒性和大鼠肾脏的组织病理学变化。Muselin等<sup>[22]</sup>研究发

现,桦树汁可减轻顺铂的肾毒性,对肾脏有一定的保护作用。未接受桦树汁给药的大鼠,表现为近曲小管水平的严重急性局灶性坏死,肾小体体积增加和/或细胞核肿胀和致密,肾小球中缺乏微绒毛和严重退行性病变,充血和萎缩。对于接受桦树液治疗的大鼠,仅显示中度肾小管坏死,肾小球退行性病变停止。此外,暴露于顺铂的大鼠表现出重要元素(Cu、Mg、Fe、Mn和Zn)稳态的显著失衡,桦树汁给药使其恢复了正常的稳态,证明了桦树汁的保护作用。Peev等<sup>[23]</sup>研究发现,白桦树汁具有很强的利尿作用和尿酸排泄活性,可能与其高浓度的钠盐和钾盐含量有关。综上,桦树汁在治疗肾病、缓解痛风方面具有一定的功效。

### 2.3 抗菌消炎、提高免疫力

桦树汁中含有的白桦三萜类物质能消肿解毒,促进伤口愈合,提高人体免疫力<sup>[24]</sup>。2023年,美国食品药品监督管理局批准了一款以桦木三萜类为有效成分的新药(Filsuvez)上市,其用于治疗营养不良及交界性大疱性表皮松解性伤口。白桦三萜类成分中白桦脂醇(BT)和白桦脂酸(BA)是桦木属植物中研究最多的三萜类成分<sup>[25-26]</sup>,BA是由BT转化的次级产物,BT、BA及其衍生物的抗炎作用已在体外和体内研究中得到证实<sup>[27]</sup>。在慢性酒精中毒小鼠模型和EtOH/LPS刺激的AML-12或RAW 264.7细胞中,发现BT可以抑制P2X7r-NLRP3信号通路,以对抗脂质转移炎症<sup>[28]</sup>。傅增辉等<sup>[29]</sup>发现,BT能够抑制脂多糖诱导的小胶质细胞线粒体活性氧的生成、Nlrp3炎症小体活化和炎症因子IL-1 $\beta$ 分泌等炎症反应,并具有保护线粒体膜电位的作用。

### 2.4 保护心血管

桦树汁中的BT和BA能够通过多种通路减轻心血管的炎症反应以及保护血管。卢素宏等<sup>[30]</sup>建立了ApoE高脂血症小鼠模型,发现BT能有效调节小鼠的脂质代谢紊乱,调节血管内皮功能失衡,抑制IKK $\beta$ /NF- $\kappa$ B信号通路,从而降低炎症因子的表达,抑制炎症反应的发生。糖尿病血管并发症的原因之一是晚期糖基化终产物(AGEs)水平的升高,AGEs在体内损伤组织细胞,致使心肌细胞自噬水平异常,诱发氧化应激,促进炎症反应,BT可能通过调节PI3K/AKT通路的活化,抑制AGEs诱导的H9C2细胞自噬,从而修复心肌细胞<sup>[31]</sup>。还有研究<sup>[32]</sup>表明,BT可有效改善小鼠和Glu刺激的H9C2心肌细胞的胰岛素抵抗、高血糖和心脏炎症,其原理是通过调节Sirt1/NLRP3/NF- $\kappa$ B通路发挥作用。Yu等<sup>[33]</sup>发现,BT可显著降低缺血再灌注模型大鼠的心电图ST段和心肌梗死面积,减轻心肌功能、心脏病理改变和细胞因子,通过增加NLRP3/NF- $\kappa$ B信号通路降低Sirt1蛋白表达,减轻心肌炎症反应,从而有效缓解心肌缺血再灌注。侯焱均等<sup>[34]</sup>发现BA可能通过RRAGD/mTOR/ULK1信号通路促进自噬抑制血管

平滑肌细胞钙化。孟祥飞等<sup>[35]</sup>给雄性SD大鼠灌胃BA后进行脓毒症造模处理,发现BA明显降低了大鼠血清心肌损伤标志物(cTnI、CK-MB)和炎症因子(TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$ 和IL-6)的水平,表明BA抑制脓毒症大鼠心功能障碍可能与下调AKT/mTOR及AKT/AMPK调控的自噬抑制通路有关。

### 2.5 保护肝脏

相关研究<sup>[36-38]</sup>表明,桦树汁中BT和BA对酒精性肝损伤具有保护作用,BA可改善肝功能以及脂肪代谢功能,增强肝组织中肝脏谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶活力,提高肝脏抗氧化能力,降低肝功能标志物——丙氨酸氨基转移酶(ALT)和天冬氨酸氨基转移酶(AST)活性,减轻脂肪沉积和破坏肝细胞中的内质网应激而显著减轻酒精诱导的肝损伤。已知乙醇及其代谢产物乙醛是肝星状细胞(HSC)中活性氧(ROS)的强诱导剂,Szuster-Ciesielska等<sup>[39]</sup>发现,BT和BA可保护乙醛诱导的HSC免受乙醛的毒性,BT可抑制活化的HSC过度产生 $\alpha$ -SMA和I型前胶原,抑制参与肝纤维化的因子(MMP-2、TIMP-1和TIMP-2)的过度产生,而BA可抑制 $\alpha$ -SMA和I型前胶原的表达,以及ROS、TIMP-1和TIMP-2的产生。

### 2.6 保护皮肤

桦树汁对人体皮肤无刺激性,且对敏感性皮肤有修复、抗氧化和抗紫外线作用。Shu等<sup>[40]</sup>分析了一种新型桦树汁喷雾剂修复敏感性皮肤的临床疗效和安全性,与对照组相比,添加桦树汁组的喷雾剂增加了5 Hz时的感觉神经阈值,并降低了经表皮失水率、皮肤血液灌注和乳酸刺痛试验评分。谭淇丹等<sup>[6]</sup>采用调节pH值至接近中性的桦树汁及其发酵液对30名志愿者进行斑贴试验,证实了桦树汁及发酵液对人体皮肤的安全性,鸡胚绒毛尿囊膜试验(HET-CAM)表明两种样品均无刺激性。而且体外生化试验结果表明,其具有一定的自由基清除能力和较好的抗氧化功效。Softa等<sup>[41]</sup>研究了桦树汁处理24 h后紫外照射重建表皮的抗氧化效果。在紫外线照射诱导氧化应激之前,用5%桦树汁进行表皮处理可显著降低脂质过氧化。此外,桦树汁也可通过减少紫外线照射时促炎细胞因子的数量显示出免疫调节作用。通过嘌呤及嘧啶位点的数量测定,发现桦树汁可减少紫外线诱导的人角质形成细胞的DNA损伤。桦树汁中含有的萜酸和桦皮脑具有去除脸上粉刺与雀斑及光洁皮肤的作用<sup>[42]</sup>。

### 2.7 其他作用

牙周炎性疾病主要病因是致病微生物聚集繁殖,以牙齿沉积物的形式过度积累,刺激牙龈组织产生炎症反应,在用机械方法除去沉积物之前,建议治疗或缓解组织炎症,以免切除时的创伤导致菌血症。在明显的牙龈炎症伴大量脓性渗出物时,用天然抗菌剂和抗菌物质的抗菌牙膏治疗就成为首要选择,Jumanca等<sup>[43]</sup>设计了一种以

白桦酯醇作为治疗物质的牙膏,为了增加治疗物质的生物可降解性,将其掺入聚酯氨基甲酸酯纳米胶囊中,从而更容易运输到其作用部位。这种基于天然物质的牙膏具有抗菌特性,可减轻牙龈炎症程度。白桦汁中含有的细胞分裂素和烟酸,可促进毛母质细胞生长,扩张血管并增强血液循环。将其应用于发用化妆品中,能够促进头发毛囊的血液微循环,进而促进头发生长,达到预防脱发的作用。白桦汁中的白桦脂醇可减少头发纤维中蛋白质溶解,改善受损头发的光泽<sup>[44]</sup>。此外,桦树汁液由天然水基溶液组成,可用于制备可食用膜。Carpintero等<sup>[45]</sup>以桦树汁为生物高分子溶剂,制备了明胶和酪蛋白基薄膜,开发出新型的食品包装用生物活性材料。结果表明,桦树汁可通过增加薄膜的穿刺强度和柔韧性以及紫外—可见光阻隔性能来增强薄膜的机械性能,与对照膜相比,桦树汁液膜增加了近90%的抗氧化能力和40%~50%的铁螯合能力,以及10%的光保护效果。

### 3 现有桦树汁产品概况

目前,中国已有多家企业开始生产桦树汁,采用多种不同的生产工艺及技术,如超滤、冷冻干燥等,以提高桦树汁的品质和口感。其产品主要涉及酒类、果汁、果醋、浓缩液、糖浆和护肤品等。

#### 3.1 桦树汁酒

桦树汁酒是一类利用桦树汁作为原料的酒类产品,包括桦树汁发酵酒和桦树汁蒸馏酒。适量饮用桦树汁酒剂可以健胃消食、驱寒暖身、活血化痰。相比于桦树汁原汁,桦树汁发酵酒表现出更强的清除DPPH自由基及抑制羟自由基能力<sup>[46]</sup>。此外,陈酿后的桦树汁白酒增加了50余种风味物质,口感浓厚,回韵绵长<sup>[47]</sup>。

#### 3.2 桦树汁果汁

在桦树汁中加入其他天然原料如浆果果汁、沙棘原浆、椰子汁等<sup>[48]</sup>进行调配,可制作出复合果汁饮料。在保留了桦树汁和其他果汁营养成分的同时,也结合了二者的口感,通过与其他果汁的调配以满足消费者的不同需求。

#### 3.3 桦树汁果醋

桦树汁果醋产品是以桦树汁为原料,经酒精发酵、醋酸发酵而成的一种兼有保健功效、风味良好、营养全面的酸性调味品。果醋本身的保健功效,如促进钙吸收、平衡酸碱度、促进食欲、降低血脂、血压、胆固醇等<sup>[49]</sup>,桦树汁果醋产品可使桦树汁的口感更有层次,营养更加全面,成为综合食疗、保健、营养为一体可持续发展的高价值饮品<sup>[50]</sup>。

#### 3.4 桦树汁浓缩液

桦树汁浓缩液通常是在真空状态下对桦树汁进行升温,使其蒸出水分,当达到所需的糖度时停止浓缩。或是

采用膜浓缩方法,通过物理方式去除桦树汁中的水分,其优势在于可以避免高温导致的营养成分损失,并降低能耗。未经加工的天然桦树汁口感较为清淡、保质期短。而桦树汁浓缩液中矿物质含量和糖含量显著增加<sup>[51]</sup>。桦树汁浓缩液成本低,相比原汁便于贮存及运输,更便于其在食品工业领域中的应用。

#### 3.5 桦树汁糖浆

桦树汁糖浆是通过桦树汁浓缩而来,先通过反渗透技术除去桦树汁中约70%的水,再使用蒸发器进一步浓缩汁液至60%~70%的糖浓度<sup>[8]</sup>。由于桦树汁中果糖含量高于其同类产品枫树糖浆,而果糖燃烧的温度比蔗糖低,因此桦树汁糖浆必须在低于枫树糖浆的温度下蒸馏,否则会导致烧焦或异味。桦树汁糖浆的制造成本较高,但桦树汁柔和怡人的甜味和营养价值使其在市场中大受欢迎,可以作为一种食品添加剂代替蔗糖加入面点、奶制品和冷饮中。

#### 3.6 桦树汁护肤品

桦树汁中含有的多糖、三萜类、酚类、氨基酸等物质具有抗氧化、抗菌、消炎等药理活性,已作为基础原料应用于护肤品中。其产品功能包括抗氧化、保湿、晒后修复、提亮、延缓衰老、促进毛发生长、改善受损头发光泽、修复皮肤屏障等。有专利<sup>[52]</sup>表明,桦树汁与其他具有抗炎作用的护肤原料联用具有协同增效作用。桦树汁和甜菜碱的组合可以有效抑制肥大细胞释放组胺,从而起到缓解皮肤瘙痒的作用<sup>[53]</sup>。

## 4 桦树汁产业现状及面临的问题

在中国,桦树是林下植物开发利用的主要树种资源,桦树林占地面积近5万km<sup>2</sup>,每平方千米每年可产桦树汁约4万t,白桦林庞大的总储蓄量为桦树汁资源的开发利用提供了可靠的原料保障<sup>[6]</sup>。桦树汁的采集对桦树生长的影响较小,生产中无需砍伐树木,是可持续、可循环的过程,不影响生态环境。随着国内外对安全无污染的食品、药品、天然植物关注度的上升,桦树汁的消费人数也在继续增加,根据其固有的“绿色、生态、安全”的特性,桦树汁被视为低热量的膳食补充剂,具有较高的市场竞争力。

在桦树汁市场不断扩大的同时,桦树汁产业的发展也面临着挑战,比如产品规模化的扩大、原浆的保鲜和政策及法规的影响。首先,桦树汁原浆规模化生产困难。桦树汁的收集时间仅限于每年初春2~3周的时间,采集时间极其有限,再加上桦树生长的地域限制,使得生产规模的扩大面临阻碍。其次,桦树汁中含有丰富的营养物质,因此容易引起微生物污染,导致腐败变质<sup>[3]</sup>,新鲜桦树汁应尽可能在12h内加工成各种产品,运输过程中须严格控制温度,室温下新鲜桦树汁的味道和微生物负荷会迅

速恶化<sup>[54]</sup>。其适用的保鲜方法有加入大量的糖或酸、加入酵母菌发酵、加入食用酒精、加入防腐剂、冷冻贮存法、制成浓缩液、巴氏灭菌保存等<sup>[55]</sup>。前 3 种方法仅适用于特定的饮品,且会改变桦树汁原有的味道。加入 0.1%~0.2% 的防腐剂苯甲酸钠虽然方法简单,但往往有酸败发生且容易影响桦树汁品质。冷冻贮存法、制成浓缩液和巴氏灭菌热装罐的保存效果较好,但桦树林区普遍处于偏远山区,贮存成本相对较高。随着技术和产业化的不断成熟,出现了一些保鲜新技术,如真空密封、紫外线处理、微滤超滤等。为鼓励和支持桦树汁产业的创新和发展,2018 年黑龙江卫生健康委员会颁布了《食品安全地方标准 白桦树汁》《食品安全地方标准 白桦树汁发酵酒》《食品安全地方标准 白桦树汁浓缩液》,以促进白桦树汁产业化发展。

桦树汁的化学成分会根据季节、采集日期、地区的不同而有较大差异<sup>[56-57]</sup>。目前,从白桦树上获得最佳树液产量的最佳时间,如何确定最佳收集时间,以及环境和气候如何影响桦树汁的形成这一过程尚不明确。因此,需要制定专门针对桦树汁液采集的标准,专门基于桦树生长速率和内部损伤数据的标准对于确保桦树汁生产可持续,且不会对树木健康产生不利影响至关重要。

## 5 结语

桦树汁作为一种传统的天然保健品,具有多种药用功效和营养成分,其发展前景也会随着人们健康意识的提高、市场需求的增加以及技术创新的推动愈加广阔。桦树汁产品的研究多集中在食品领域,今后桦树汁的开发利用可以以桦树资源为中心,向医疗保健、药食两用、药品辅料等方向拓宽,提高产品形式的多样化。桦树汁中含有丰富的生理活性成分,无论是作为单一成分药物还是组合产品中的一部分,其都可以为患者提供重要的新疗法。通过现代分析技术对桦树汁的化学组成及功效进行分析,将为全面准确评估桦树汁在食品、药品、保健品应用方面的安全性和有效性提供有力的化学保障。

### 参考文献

- [1] 张崇,李孟菊,张丕亮.桦树液酒发酵工艺[J].中国林副特产,2014(4):33-35.  
ZHANG C, LI M J, ZHANG P L. Birch liquor fermentation technology[J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2014 (4): 33-35.
- [2] GRABEK-LEJKO D, KASPRZYK I, ZAGUŁA G, et al. The bioactive and mineral compounds in birch sap collected in different types of habitats[J]. Baltic Forestry, 2017, 23(2): 394-401.
- [3] 向进乐,崔国庭,郭香凤,等.桦树汁及其在食品工业中的应用研究现状[J].食品科技,2006,31(11):48-50.
- [4] XIANG J L, CUI G T, GUO X F, et al. Development of birch juice and its application in food industry[J]. Food Science and Technology, 2006, 31(11): 48-50.
- [5] KALLIO H, AHTONEN S, RAULO J, et al. Identification of the sugars and acids in birch sap[J]. Journal of Food Science, 1985, 50(1): 266-269.
- [6] 盛艳,吴泽柱.桦树汁营养成分及功能利用研究进展[J].农产品加工,2017(14):49-52.  
SHENG Y, WU Z Z. Research progress in nutrient composition function and utilization of birch sap[J]. Farm Products Processing, 2017(14): 49-52.
- [7] 谭淇丹,燕欣,胡钟月,等.桦树汁发酵前后成分分析及护肤功效评价[J].中国化妆品,2022(11):118-123.  
TAN Q D, YAN X, HU Z Y, et al. Composition analysis and skin care efficacy evaluation of birch juice before and after fermentation[J]. China Cosmetics Review, 2022(11): 118-123.
- [8] KALLIO H, AHTONEN S. Seasonal variations of the sugars in birch sap[J]. Food Chemistry, 1987, 25(4): 293-304.
- [9] HELFFERICH D. Birch: white gold in the boreal forest[R]. [S. l.]: AFES, 2004: 2.
- [10] OZOLINČIUS R, BAREIKA V, RUBINSKIENĖ M, et al. Chemical composition of silver birch (*Betula pendula* Roth.) and downy birch (*Betula pubescens* Ehrh.) sap[J]. Baltic Forestry, 2016, 22(2): 222-229.
- [11] WELNA M, SZYMCZYCHA-MADEJA A, POHL P. Simplified ICP OES-based method for determination of 12 elements in commercial bottled birch saps: validation and bioaccessibility study[J]. Molecules, 2020, 25(5): 1 256.
- [12] 邓长贺.大兴安岭的白桦树资源开发与利用[J].林业科技情报,2023,55(3):52-54.  
DENG C H. Development and utilization of birch resources in greater Khingan[J]. Forestry Science and Technology Information, 2023, 55(3): 52-54.
- [13] KEITA D, LÉGER G, BORDENAVE N. Rheological and water binding properties of xanthan, guar and ultra-finely milled oatmeal in white birch sap: Influence of sap minor constituents[J]. Food Research International, 2021, 147: 110478.
- [14] TKACHEVA N, ELISEEVA T. Birch sap-living water with unique benefits[J]. Journal of Healthy Nutrition and Dietetics, 2022, 2(20): 46-50.
- [15] 张春蕊,孙丹,冯雪瑶,等.白桦发酵型饮料的研制[J].中国林副特产,2012(5):43-45.  
ZHANG C R, SUN D, FENG X Y, et al. Development of fermented beverage of birch[J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2012(5): 43-45.
- [16] 南京中医药大学.中药大辞典[M].上海:上海科学技术出版社,2006:25-38.  
Nanjing University of Chinese Medicine. Chinese medicine dictionary[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical

- Publishers, 2006: 25-38.
- [16] 刘飞, 郝婧宇, 赵子夫, 等. 山楂、麦芽及膳食纤维对维生素缺乏幼鼠肠道功能的影响[J]. 食品科学, 2022, 43(19): 118-128.
- LIU F, HAO J Y, ZHAO Z F, et al. Effects of hawthorn, malt and dietary fibers on intestinal function in vitamin-deficient weaned rodents[J]. Food Science, 2022, 43(19): 118-128.
- [17] 陈卫. 功能食品与膳食健康[J]. 食品与生物技术学报, 2024, 43(4): 1-7.
- CHEN W. Functional foods and dietary health[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2024, 43(4): 1-7.
- [18] 曹清明, 王蔚婕, 张琳, 等. 中国居民平衡膳食模式的践行: 《中国居民膳食指南(2022)》解读[J]. 食品与机械, 2022, 38(6): 22-29.
- CAO Q M, WANG W J, ZHANG L, et al. The practice of balanced diet model for Chinese residents: interpretation of dietary guidelines for Chinese residents (2022) [J]. Food & Machinery, 2022, 38(6): 22-29.
- [19] 马合沙提, 宋红美, 热西达, 等. 白桦液的介绍[J]. 新疆中医药, 2006(2): 40-41.
- MA H S T, SONG H M, RE X D, et al. Introduction of birch juice[J]. Xinjiang Journal of Traditional Chinese Medicine, 2006(2): 40-41.
- [20] 张雪莉, 胡秋辉, 纪阳, 等. 杏鲍菇富硒蛋白的营养结构特性及对铅毒性的缓解作用[J]. 食品科学, 2022, 43(15): 125-133.
- ZHANG X L, HU Q H, JI Y, et al. Nutritional and structural characteristics of selenium-enriched protein from *Pleurotus eryngii* and its alleviative effect on lead toxicity[J]. Food Science, 2022, 43(15): 125-133.
- [21] ULIANOV I A, ULIANOVA A V. Experimental study of diuretic properties of birch sap[J]. Молодежный Инновационный Вестник, 2022, 11: 517-518.
- [22] MUSELIN F, DUMITRESCU E, BERBECEA A, et al. The effect of cisplatin administration on certain trace elements homeostasis in rats and the protective effect of silver birch (*Betula pendula*) sap[J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2018, 50: 474-481.
- [23] PEEV C, DEHELEAN C, MOGOSANU C, et al. Spring drugs of *Betula pendula* Roth.: biologic and pharmacognostic evaluation[J]. Studia Universitatis "Vasile Goldis", Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series), 2010, 20(3): 41-43.
- [24] 范桂枝, 詹亚光. 白桦酯醇的研究进展[J]. 中草药, 2008, 39(10): 1951-1954.
- FAN G Z, ZHAN Y G. Advances in studies on betulin[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2008, 39(10): 1951-1954.
- [25] OSTAPIUK A, KURACH Ł, STRZEMSKI M, et al. Evaluation of antioxidative mechanisms in vitro and triterpenes composition of extracts from silver birch (*Betula pendula* roth) and black birch (*Betula obscura* kotula) barks by FT-IR and HPLC-PDA[J]. Molecules, 2021, 26(15): 4633.
- [26] BACHOŘÍK J, URBAN M. Biocatalysis in the chemistry of lupane triterpenoids[J]. Molecules, 2021, 26(8): 2271.
- [27] 孙兴, 任娟, 詹燕, 等. 白桦脂酸及其衍生物的制备方法和药理作用研究进展[J]. 中国药房, 2019, 30(4): 570-576.
- SUN X, REN J, ZHAN Y, et al. Progress in preparation and pharmacological action of betulinic acid and its derivatives[J]. China Pharmacy, 2019, 30(4): 570-576.
- [28] DOU J Y, JIANG Y C, HU Z H, et al. Betulin targets lipin1/2-meidated P2X7 receptor as a therapeutic approach to attenuate lipid accumulation and metaflammation[J]. Biomolecules & Therapeutics, 2022, 30(3): 246.
- [29] 傅增辉, 姜岩, 刘晶, 等. 白桦脂醇对脂多糖诱导小胶质细胞炎症反应的抑制作用[J]. 免疫学杂志, 2021, 37(2): 128-133.
- GU Z H, JIANG Y, LIU J, et al. Inhibitory effect of betulin on LPS-induced inflammation of microglia[J]. Immunological Journal, 2021, 37(2): 128-133.
- [30] 卢素宏, 吴先林, 姚丽梅, 等. 基于 IKK $\beta$ /NF- $\kappa$ B 信号通路探讨白桦脂醇对 ApoE $^{-/-}$ 小鼠的血管保护作用及机制[J]. 中药材, 2019, 42(9): 2173-2176.
- LU S H, WU X L, YAO L M, et al. To investigate the vascular protective effect of betulin on ApoE $^{-/-}$  mice based on IKK $\beta$ /NF- $\kappa$ B signaling pathway and its mechanism[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2019, 42(9): 2173-2176.
- [31] 罗萍, 杜娟娟, 杜松. 白桦脂醇对 AGEs 诱导 H9C2 心肌细胞自噬的影响[J]. 中国免疫学杂志, 2019, 35(14): 1681-1685.
- LUO P, DU J J, DU S. Effect of betulin on autophagy of H9C2 myocardial cells induced by AGEs[J]. Chinese Journal of Immunology, 2019, 35(14): 1681-1685.
- [32] WEN Y J, GENG L, ZHOU L, et al. Betulin alleviates on myocardial inflammation in diabetes mice via regulating Sirt1/NLRP3/NF- $\kappa$ B pathway[J]. International Immunopharmacology, 2020, 85: 106653.
- [33] YU C C, CAI X X, LIU X J, et al. Betulin alleviates myocardial ischemia-reperfusion injury in rats via regulating the Sirt1/NLRP3/NF- $\kappa$ B signaling pathway[J]. Inflammation, 2021, 44: 1096-1107.
- [34] 侯焯均, 陈鑫, 曹艳红, 等. 白桦脂酸通过 RRGD/mTOR/ULK1 促进自噬改善血管平滑肌细胞钙化[J]. 中华中医药学刊, 2024, 42(3): 146-151, 273.
- HOU C J, CHEN X, CAO Y H, et al. Betulinic acid promotes autophagy and improves vascular smooth muscle cell calcification through RRGD/mTOR/ULK1[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese, 2024, 42(3): 146-151, 273.
- [35] 孟祥飞, 周心如, 黄婧, 等. 白桦脂酸改善脓毒症大鼠心血管功能与 AKT/mTOR 及 AKT/AMPK 通路调控自噬有关[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2023, 39(6): 840-847.
- MENG X F, ZHOU X R, HUANG J, et al. Betulinic acid improves cardiac function in septic rats through AKT/mTOR and AKT/AMPK -modulated autophagy[J]. Chinese Journal of

- Biochemistry and Molecular Biology, 2023, 39(6): 840-847.
- [36] 蔡天娇, 王瑞珍, 魏君慧, 等. 白桦脂酸与红枣总三萜酸对小鼠酒精肝损伤的保护作用[J]. 食品科学, 2018, 39(11): 191-195.
- CAI T J, WANG R Z, WEI J H, et al. Protective effects of betulinic acid and total triterpenic acids from red jujubes on alcoholic liver injury in mice[J]. Food Science, 2018, 39(11): 191-195.
- [37] HE E Q, MA Y R, KONG L, et al. Suppression of endoplasmic reticulum stress-associated pathways and hepatocyte apoptosis participates in the attenuation of betulinic acid on alcohol-provoked liver injury in mice[J]. Food & Function, 2022, 13(22): 11 489-11 502.
- [38] BAI T, YANG Y, YAO Y L, et al. Betulin alleviated ethanol-induced alcoholic liver injury via SIRT1/AMPK signaling pathway[J]. Pharmacological Research, 2016, 105: 1-12.
- [39] SZUSTER-CIESIELSKA A, PLEWKA K, KANDEFER-SZERSZEŃ M. Betulin, betulinic acid and butein are inhibitors of acetaldehyde-induced activation of liver stellate cells[J]. Pharmacological Reports, 2011, 63(5): 1 109-1 123.
- [40] SHU X H, ZHAO S Z, HUO W, et al. Clinical study of a spray containing birch juice for repairing sensitive skin[J]. Archives of Dermatological Research, 2023, 315(8): 2 271-2 281.
- [41] SOFTA M, PERCOCO G, LATI E L, et al. Birch sap (*Betula alba*) and chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) extracts show anti-oxidant, anti-inflammatory and DNA protection/repair activity *in vitro*[J]. Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications, 2019, 9(2): 188-205.
- [42] 赵华文, 覃军. 桦树液应用现状与开发方向[J]. 中国林副特产, 2001(2): 38-40.
- ZHAO H W, QIN J. Application status and development direction of birch juice[J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2001(2): 38-40.
- [43] JUMANCA D, GALUSCAN A, PODARIU A C, et al. Anti-inflammatory action of toothpastes containing Betulin nanocapsules[J]. Rev Chim (Bucharest), 2014, 65: 1 473-1 476.
- [44] 邱美纯. 白桦汁在化妆品中的应用[J]. 广东化工, 2021, 48(20): 65-67.
- QIU M C. Application of white birch juice in cosmetics[J]. Guangdong Chemical Industry, 2021, 48(20): 65-67.
- [45] CARPINTERO M, MARCET I, ZORNOZA M, et al. Effect of birch sap as solvent and source of bioactive compounds in casein and gelatine films[J]. Membranes, 2023, 13(9): 786.
- [46] 游颖, 南博, 王心哲, 等. 桦树酒体外抗氧化能力的研究[J]. 食品科技, 2017, 42(3): 94-96.
- YOU Y, NAN B, WANG X Z, et al. The antioxidant activities of birch wine[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(3): 94-96.
- [47] 程婧. 桦树汁白酒的工艺研究及其风味物质的测定[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2018: 19-31.
- CHENG J. Study on the technology of birch sap liquor and determination of its aroma components[D]. Harbin: Harbin University of Commerce, 2018: 19-31.
- [48] 范广菊. 桦树汁椰子水复合果汁饮料的研制[J]. 食品工业, 2023, 44(4): 46-50.
- FAN G J. The development of betula juice and coconut water compound fruit juice beverage[J]. The Food Industry, 2023, 44(4): 46-50.
- [49] 高琳, 王方舟, 张仁堂, 等. 果醋及醋蛋液研究进展[J]. 中国调味品, 2020, 45(8): 172-174.
- GAO L, WANG F Z, ZHANG R T, et al. Research progress on fruit vinegar and vinegar-egg juice[J]. China Condiment, 2020, 45(8): 172-174.
- [50] 裴蕾. 桦树汁发酵醋饮料加工工艺研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2015: 7-9.
- PEI L. Birch juice fermented vinegar beverage processing technology research[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2015: 7-9.
- [51] BILEK M, WAWER J, SZWERC W, et al. Birch sap concentrate as a potential modern food product[J]. ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes, 2018, 7(1): 5-9.
- [52] 浙江养生堂天然药物研究所有限公司. 具有增强的抗炎功效的皮肤外用组合物: CN201910694270. X[P]. 2019-07-30.
- Natural Medicine Inst Zhejiang Yangshengtang Co Ltd. External use composition having enhanced efficacy of resisting inflammation for skin: CN201910694270.X[P]. 2019-07-30.
- [53] 养生堂(安吉)化妆品有限公司. 具有止痒功效的皮肤外用组合物: CN201910694724[P]. 2019-07-30.
- Yoseido Anji Cosmetics Co Ltd. Skin external use composition having efficacy of itching relieving: CN201910694724[P]. 2019-07-30.
- [54] SANCHO A I, BIRK T, GREGERSEN J M, et al. Microbial safety and protein composition of birch sap[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2022, 107: 104347.
- [55] 曾文. 桦汁的开发与利用[J]. 天然产物研究与开发, 1992, 4(1): 64-71.
- ZENG W. Development and utilization of birch sap[J]. Natural Product Research and Development, 1992, 4(1): 64-71.
- [56] STANISZEWSKI P, BILEK M, SZWERC W, et al. The effect of tree age, daily sap volume and date of sap collection on the content of minerals and heavy metals in silver birch (*Betula pendula* Roth) tree sap[J]. PLoS One, 2020, 15(12): e0244435.
- [57] BILEK M, SZWERC W, KUŹNIAR P, et al. Time-related variability of the mineral content in birch tree sap[J]. Journal of Elementology, 2021, 22(2): 497-515.