

五月艾营养成分、活性物质及重金属含量测定与分析

李宁洁¹, 景炳年¹, 王伟¹, 刘雨晴², 谢晓阳², 董跟来², 王学方², 魏磊^{1*}

1.河南省科学院天然产物重点实验室, 郑州 450002;

2.河南省纳普生物技术有限公司, 河南省植物黄酮类天然成分开发与应用工程研究中心, 郑州 450002

摘要: 五月艾(*Artemisia indica*)在民间可作为一种食品原料,但对其营养成分、活性物质和重金属含量缺乏系统的测定与分析方法。采用国家标准和文献推荐的方法测定五月艾中的营养物质、矿质元素、维生素、氨基酸、活性物质及重金属含量。结果表明,五月艾营养成分含量由高到低依次为蛋白质(31.62%)、碳水化合物(29.86%)、粗纤维(22.57%)、总糖(20.94%)、灰分(8.76%)和脂肪(7.42%);富含多种维生素,包括VK₁、VB₁、VB₂、VB₁₂和叶酸,其中VB₂含量高达1 mg·100 g⁻¹;含有Na、K、Ca、Zn、Mg、Mn、Fe、Cu、Se等多种矿质元素,其中K的含量最高,达28 747.71 mg·kg⁻¹;含有除精氨酸以外的17种人体常见氨基酸,氨基酸总量达24.57 g·100 g⁻¹,其中必需氨基酸占比40.13%,功能性氨基酸占比56.7%;主要活性物质包括三萜和多糖类化合物,其含量分别为5.38%和2.91%;除镉元素外,汞、铅、铬和砷等重金属含量均低于国家食品安全标准限值。因此,五月艾是一种高蛋白、高纤维、低脂肪、氨基酸组成合理、矿质元素种类丰富、B族维生素含量较高、含有三萜和多糖等活性物质的食物资源,研究结果可为其进一步研究开发提供理论依据。

关键词: 五月艾;营养成分;活性物质;重金属;氨基酸组成

DOI:10.19586/j.2095-2341.2024.0124

中图分类号:Q945.1

文献标志码:A

Determination and Analysis of Nutritional Components, Active Substances and Heavy Metal Content in *Artemisia indica*

LI Ningjie¹, JING Bingnian¹, WANG Wei¹, LIU Yuqing², XIE Xiaoyang², DONG Genlai², WANG Xuefang², WEI Lei^{1*}

1.Key Laboratory of Natural Products, Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450002, China;

2.Henan Natural Products Biotechnology Co., Ltd., Henan Natural Plant Flavonoids Development and Application Engineering Research Center, Zhengzhou 450002, China

Abstract: *Artemisia indica* is used as a food ingredient in the folk, but there is a lack of systematic measurement and analysis of its nutritional components, active substances and heavy metal content. In this study, national standards and literature methods were used to determine the nutritional components, mineral elements, vitamins, amino acid composition, active substances and heavy metal content. The results showed that the descending order of nutritional components in *Artemisia indica* was: protein (31.62%), carbohydrate (29.86%), fiber (22.57%), total sugar (20.94%), ash (8.76%) and fat (7.42%). It was rich in VK₁, VB₁, VB₂, VB₁₂ and folic acid, especially the content of VB₂ was as high as 1 mg·100 g⁻¹. There were many mineral elements such as Na, K, Ca, Zn, Mg, Mn, Fe, Cu and Se, of which K content was the highest, up to 28 747.71 mg·kg⁻¹. In terms of amino acid composition, the protein was rich in various amino acids, including 8 kinds of essential amino acids. The content of essential amino acids accounted for 40.13% of the total amino acids, and the functional amino acids accounted for 56.7%. The main active ingredients were triterpenoids and polysaccharides, with contents of 5.38% and 2.91%, respectively. The contents of Hg, Pb, Cr and As were all below the limits of national food safety standards except Cd. Therefore, *Artemisia indica* is a food resource with high protein, high fiber, low fat, rich mineral elements types, high content B-group vitamins, and active substances such as trit-

收稿日期:2024-07-08; 接受日期:2024-08-26

基金项目:河南省科技攻关项目(222102110219);河南省科学院重大科研项目聚焦专项(210113003)。

联系方式:李宁洁 E-mail:office1nj15@163.com; *通信作者 魏磊 E-mail:yhweilei2@163.com

erpenoids and polysaccharides. This results will provide a theoretical basis for further research and development of *Artemisia indica*.

Key words: *Artemisia indica*; nutritional components; active substances; heavy metal; amino acid composition

五月艾(*Artemisia indica* Willd.)是一种多年生草本植物,隶属于菊科蒿属,在我国大部分地区均有分布,其性味辛、微苦,性微温,归肝、肾、脾经。五月艾富含多种生物活性成分,如挥发油、黄酮及鞣质等,除具有祛风消肿、止痛止痒、调经止血等功效外,还可用于疟疾、疥癣和皮肤瘙痒的治疗^[1-2]。五月艾与《国家药典》中记载的艾叶(*Artemisia argyi* Levl.et Vant)颇为相似,常作为艾叶的替代品或混入使用,同样适用于艾灸疗法^[3]。此外,《中药大辞典》也明确指出,五月艾可作为艾叶来使用^[4]。除了医药用途,五月艾在全球多地还被作为食品原料。在我国,端午节期间,五月艾更是南方地区传统食品——艾糍的主要原料。在广东东江流域,常利用五月艾的叶子和嫩芽制作蔬菜和酱菜。此外,五月艾还可加工成艾叶茶、艾叶粥、艾蒿肉丸、艾蒿馍馍等多种美食^[5]。

目前,国内外对五月艾的研究主要集中在挥发油成分分析以及对提取物药理活性的探究^[6-9]。研究表明,五月艾甲醇提取物能够通过提升淋巴细胞的增殖能力,有效调节体外免疫系统^[10]。同时,五月艾的活性成分,如香芹酚、亚麻酸甲酯等,展现出强大的杀菌效果,它们通过破坏细菌细胞膜来抑制细菌生长,具有开发为食源性细菌性疾病食品补充剂的巨大潜力,从而有助于改善人类健康^[11]。此外,五月艾具有抵抗球虫病^[12],改善呼吸系统炎症^[13]及驱蚊^[14]等作用。然而,在五月艾营养成分含量检测、营养价值分析和重金属含量是否超标等方面的研究报道较少,这些研究对公众健康和饮食安全具有重要意义。

河南南阳,凭借其得天独厚的地理环境,种植的艾草不仅产量大,而且品质好,因此在国内外具有“艾草之乡”之称。作为我国艾草种植的两大核心产地之一,南阳孕育出了多达48个艾草品种,被称为国内艾草“天然基因库”^[15]。其中,五月艾是南阳艾草品种中不可或缺的重要一员。黄丽华等^[16]对广东肇庆地区的野生五月艾进行了深入研究,揭示了该地区五月艾中富含丰富的蛋白质、多种矿质元素、维生素C以及粗纤维等基本营养成分。然而,值得注意的是,该研究虽具一定参考价

值,但尚缺乏对维生素种类、氨基酸组成及重金属元素含量的系统检测与全面营养评价。此外,针对南阳地区特有的五月艾品种,相关领域的研究报道仍显不足。因此,本研究以河南南阳五月艾为试材,系统测定和分析评价其营养物质、活性成分以及重金属,旨在揭示五月艾的营养价值和安全性,为其在食品、保健品等领域的进一步研究和应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料与试剂

五月艾于2022年6月采自河南省南阳市,经南阳市科学院曹宗鹏研究员鉴定为五月艾(*Artemisia indica* Willd.);混合氨基酸标准物质购自中国计量科学研究院;维生素A(≥99.3%)、D(≥98.7%)、E(≥98%)、K₁(≥99.7%)、B₁(≥99.5%)、B₂(≥98%)、B₆(≥99.9%)、烟酸(≥99.5%)和泛酸(≥99%)均购自切姆泰克公司;维生素B₁₂(批号:820100809)和叶酸(批号:320100515)试剂盒购自北京智微科技有限公司;钠(Na)、镁(Mg)、钙(Ca)、钾(K)、铁(Fe)、锌(Zn)、铜(Cu)、锰(Mn)、铅(Pb)、砷(As)、镉(Cd)和汞(Hg)均购自国标(北京)检验认证有限公司。

1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪(Agilent 1290)购自美国Agilent公司;电感耦合等离子体质谱仪(Agilent 7900)购自美国Agilent公司;原子吸收光谱仪(ICE 3500)购自美国Thermo Fisher Scientific公司;全自动定氮仪(FOSS 8400)购自丹麦Foss公司;酶标仪(Bio-rad iMarkTM)购自美国Bio-Rad公司。

1.3 实验方法

1.3.1 五月艾的处理 割取五月艾地上部分,采摘新鲜艾叶洗净后,在50℃下烘干、粉碎,过60目筛,室温下放置备用。

1.3.2 基础营养成分测定 五月艾中蛋白质含量参照GB 5009.5—2016中规定的凯氏定氮法测定;总糖含量参照GB 5009.8—2016中规定的高效液相色谱法测定;碳水化合物含量参照GB 28050—2011中规定的加减法测定;粗纤维含量参照GB 5009.10—2003中规定的酸碱消煮法测定;脂

肪含量参照 GB 5009.5—2016 中规定的索氏抽提法测定;灰分含量参照 GB 5009.4—2016 中规定的高温灼烧法测定;水分含量参照 GB 5009.3—2016 中规定的直接干燥法测定。将以上测定结果与肇庆野生五月艾^[16]、红脚艾^[17]和黄花蒿^[18]进行比较分析。

1.3.3 维生素含量测定 维生素 A、D、E 含量分别参照 GB 5009.82—2016 中规定的反相高效液相色谱法和正向高效液相色谱法测定;维生素 B₁ 含量参照 GB 5009.84—2016 中规定的高效液相色谱法测定;维生素 B₂ 含量参照 GB 5009.85—2016 中规定的高效液相色谱法测定;维生素 B₆ 含量参照 GB 5009.154—2016 中规定的高效液相色谱法测定;烟酸含量参照 GB 5009.89—2016 中规定的高效液相色谱法测定;泛酸含量参照 GB 5009.210—2016 中规定的高效液相色谱法测定;维生素 B₁₂ 和叶酸含量参照试剂盒说明书中化学发光法测定。将以上测定结果与野艾蒿^[19]进行比较分析。

1.3.4 矿质元素含量测定 Na、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu、Se 元素含量参照 GB 5009.268—2016 中规定的电感耦合等离子体质谱法和电感耦合等离子体原子发射光谱法测定。将以上测定结果分别与红脚艾^[17]、野艾蒿^[19]和湖北蕲春艾草^[20]进行比较分析。

1.3.5 游离氨基酸含量测定 缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、赖氨酸、谷氨酸、丝氨酸、甘氨酸、脯氨酸、丙氨酸、精氨酸、天冬酰胺、酪氨酸和组氨酸含量参照 GB 5009.124—2016 中规定的氨基酸分析仪测定;色氨酸含量参照张剑等^[21]报道的对二甲氨基苯甲醛比色法进行测定。

1.3.6 理想蛋白模式 参照 FAO/WHO 提出的理想蛋白模式^[22],将氨基酸总量(total amino acids, TAA)、必需氨基酸(essential amino acids, EAA)、非必需氨基酸(non-essential amino acids, NEAA)、EAA/TAA 比值、EAA/NEAA 比值计算出来进行分析。

1.3.7 氨基酸评分标准模式 参照 FAO/WHO 提出的氨基酸模式^[23],分别按公式(1)(2)(3)计算氨基酸比值(ratio of amino acid, RAA)、氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, 简称 RC)和氨基酸比值系数分(score of SC, SRC),并进行分析。

$$RAA = \frac{\text{待测蛋白某必需氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO模式中该必需氨基酸含量}} \quad (1)$$

$$RC = \frac{RAA}{\overline{RAA}} \quad (2)$$

$$SRC = 100 - 100 \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RC_i - \overline{RC})^2}{7 \overline{RC}}} \quad (3)$$

式中:EAA_i——待测蛋白某必需氨基酸含量(g·100 g⁻¹);EAA₂——FAO/WHO 模式中该必需氨基酸含量(g·100 g⁻¹); $\overline{RAA}$ ——氨基酸比值平均值;n——氨基酸数量;RC_i——各氨基酸比值系数; $\overline{RC}$ ——氨基酸比值系数平均值。

1.3.8 功能性氨基酸 根据 1.3.5 中五月艾游离氨基酸测定结果,计算蛋白中功能性氨基酸含量并评价其功能性^[24]。

1.3.9 活性物质含量测定 多糖、三萜、黄酮含量均采用分光光度法测定,反应体系分别参照苯酚-浓硫酸法^[25]、香草醛-冰醋酸-高氯酸法^[26]和硝酸铝-亚硝酸钠法^[27];还原糖含量参照 GB 5009.7—2016 中规定的直接滴定法测定。

1.3.10 重金属含量测定 汞含量参照 GB 5009.17—2021 中规定的原子荧光光谱分析法测定;铅、镉和铬含量分别参照 GB 5009.12—2017、GB 5009.15—2014 和 GB 5009.123—2014 中规定的石墨炉原子吸收光谱法测定;砷含量参照 GB 5009.11—2014 中规定的电感耦合等离子体质谱法测定。

1.4 数据处理

每组实验 3 个平行重复,平均值使用 Excel 2010 计算,结果以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 营养成分分析

对五月艾中的营养成分进行测定,结果显示(表 1)与其他品种的艾草相比,五月艾中具有较高的蛋白质含量(31.62%),而其脂肪含量相对较低(7.42%)。植物蛋白作为一种低脂肪、低胆固醇的优质蛋白质来源,相较于动物蛋白,在降低心血管疾病风险、有效控制体质量和预防慢性疾病等方面表现出独特的优势^[28]。

五月艾中粗纤维含量为 22.57%,低于其他品种,但这一数值却远远高于《食品安全国家标准——预包装食品营养标签通则》中规定的富含膳食纤维食物所设定的标准(含量≥6 g·100 g⁻¹固体),这表明五月艾无疑是一种富含膳食纤维的植物。膳食纤维被誉为“人体第七大营养素”,尽管它不易被人体消化吸收,却在调节血糖水平、预防肥胖、缓

表1 五月艾中营养成分含量

Table 1 Contents of nutritional components in *Artemisia indica*

营养成分	五月艾	肇庆野生五月艾 ^[16]	红脚艾 ^[17]	黄花蒿 ^[18]
水分/%	78.22±3.01	—	—	—
灰分/%	8.76±0.57	12.0	10.0	11.8
蛋白质/%	31.62±2.65	13.9	18.9	30.3
脂肪/%	7.42±0.94	15.6	5.5	9.3
粗纤维/%	22.57±0.84	25.3	59.6	40.3
碳水化合物/%	29.86±3.38	33.1	6.0	8.3
总糖/%	20.94±3.05	—	—	—

注:“—”代表文献中未对该项指标进行检测,下同。

解高血压及高血脂等慢性疾病方面发挥着重要的作用,同时有助于降低患结肠癌风险^[29]。此外,五月艾中含有丰富的碳水化合物(29.86%)和总糖(20.94%),这些植物性碳水和总糖容易被人体吸收,为人体提供能量、缓解劳累和恢复精力,而且它们的代谢终产物是二氧化碳和水,能够全部排出,不残留有害成分^[30]。因此,五月艾的高蛋白、高纤维、低脂肪营养特征,可作为一种具有潜在降“三高”价值的食用植物资源。

2.2 维生素分析

由表2可知,五月艾中富含VK₁、VB₁、VB₂、VB₁₂

和叶酸5种维生素,其含量均显著高于野艾蒿。这些维生素主要属于B族维生素,具有水溶性,对维持人体正常机能与代谢至关重要,而人体自身又无法合成,因此,当体内缺乏时可能会导致各种疾病的产生,如失眠、精神衰退、口角炎、癫痫、卒中等^[31],需要额外补充。此外,五月艾中VK₁含量也很高。VK₁是一种人体必需的健康营养素,能够影响人体正常生理机能运转,具有促进凝血、预防血管钙化、抑制糖尿病性白内障、解毒、预防癌症等生理功能^[32]。综上分析,五月艾可以作为一种良好的补充B族维生素和维生素K₁的食品来源。

表2 五月艾中维生素种类及含量

Table 2 Types and contents of vitamins in *Artemisia indica*

维生素	五月艾	野艾蒿 ^[19]	维生素	五月艾	野艾蒿 ^[19]
VA/(μg·100g ⁻¹)	ND(<10)	84.40	VB ₆ /(mg·100g ⁻¹)	ND(<0.05)	0.20
VD/(μg·100g ⁻¹)	ND(<0.7)	11.80	VB ₁₂ /(μg·100g ⁻¹)	2.05±0.16	—
VE/(mg·100g ⁻¹)	ND(<0.04)	0.79	叶酸/(μg·100g ⁻¹)	411.78±15.36	109.00
VK ₁ /(μg·100g ⁻¹)	65.83±2.66	9.30	烟酸/(μg·100g ⁻¹)	ND(<30)	—
VB ₁ /(mg·100g ⁻¹)	0.58±0.04	0.14	泛酸/(mg·100g ⁻¹)	ND(<0.025)	—
VB ₂ /(mg·100g ⁻¹)	1.00±0.15	0.69			

注:ND代表未检出。

2.3 矿质元素分析

矿物质在人体正常生理机能中扮演着至关重要的角色,它们参与了体内生理代谢和生长发育,是构成人类生命的基础物质^[33]。表3比较了4种不同艾草品种的矿质元素含量,发现五月艾中富含K、Mg、Na等人体所需的多种矿质元素,其中K和Mg的含量尤为突出,分别高达28 747.71和4 804.28 mg·kg⁻¹。K在维持机体水平衡、渗透压和控制血压方面发挥重要作用^[34],Mg则涉及多种酶激活、离子通道调节^[35]、细胞生长和再生以及平

滑肌兴奋性维持等功能^[36],这表明五月艾可作为人体所需K和Mg元素的良好食物来源。此外,五月艾K/Na比值高达257.76,远大于1,为高钾低钠食物^[37],这种食物构成对于防治高血压患者十分有益。Pellett和Yong指出:当Zn与Cu的比值大于10且Zn与Fe的比值大于1时,可能会引起生物拮抗作用,不利于元素的吸收^[38]。本研究中五月艾Zn与Cu比值为1.62,小于10;Zn与Fe比值为0.08,小于1,这表明五月艾中Fe、Zn、Cu含量比值较为合理,有利于机体的吸收。

表3 五月艾中矿质元素含量

Table 3 Contents of mineral elements in *Artemisia indica*

种类	常量元素/(mg·kg ⁻¹)				微量元素/(mg·kg ⁻¹)				
	Na	K	Mg	Ca	Fe	Zn	Mn	Cu	Se
五月艾	111.53±	28 747.71±	4 804.28±	1 313.46±	365.29±	29.57±	318.96±	18.27±	0.03±
	3.51	185.14	86.59	41.62	11.28	1.83	10.82	1.95	0.00
红脚艾 ^[17]	16.80	3 500.00	2 860.00	12 500.00	1 240.00	36.90	—	15.80	—
野艾蒿 ^[19]	—	—	—	—	1 144.50	41.60	—	10.20	144.20
湖北蕲春艾草 ^[20]	—	—	3 550.00	3 410.00	1 050.00	58.00	345.00	13.80	—

2.4 氨基酸组成和评价

2.4.1 理想蛋白模式 对五月艾中氨基酸组成和含量进行测定,表4包含了17种常见的氨基酸,其中8种是人体必需氨基酸。五月艾的氨基酸总量(TAA)高达24.57 mg·100g⁻¹,必需氨基酸(EAA)总量为9.86 mg·100g⁻¹,均高于红脚艾的含量^[17];天冬氨酸含量最高,甲硫氨酸最低。此外,EAA/TAA比值为40.13%,EAA/NEAA比值为0.67,这两项指标均高于FAO/WHO建议的理想蛋白质模式

表4 五月艾氨基酸组成和含量

Table 4 Composition and contents of amino acids in *Artemisia indica*

	种类	含量/(g·100g ⁻¹)	占比/%
必需氨基酸	缬氨酸	1.40	5.70
	异亮氨酸	1.09	4.44
	亮氨酸	2.01	8.18
	苯丙氨酸	1.49	6.06
	甲硫氨酸	0.18	0.73
	色氨酸	0.51	2.08
	苏氨酸	1.14	4.64
	赖氨酸	2.04	8.30
非必需氨基酸	天冬氨酸	3.23	13.15
	丝氨酸	1.00	4.07
	精氨酸	1.90	7.73
	丙氨酸	1.38	5.62
	组氨酸	0.63	2.56
	酪氨酸	0.92	3.74
	脯氨酸	1.44	5.86
	甘氨酸	1.27	5.17
	谷氨酸	2.94	11.97
	EAA	9.86	39.76
	NEAA	14.71	60.24
	TAA	24.57	—
	EAA/TAA	0.40	—
	EAA/NEAA	0.67	—

(EAA/TAA>40%,EAA/NEAA>0.6)^[22],这表明基于氨基酸组成和含量,五月艾是一种优良的蛋白源。

2.4.2 氨基酸比值系数法 RC值主要用于衡量必需氨基酸含量相对于FAO/WHO氨基酸标准模式的偏离程度,可以评价该蛋白质营养价值和判定限制氨基酸^[39]。表5展示了五月艾蛋白质中各氨基酸RC值,其中苯丙氨酸+酪氨酸的RC值最高,为1.44,表明其含量相对过剩;甲硫氨酸+胱氨酸的RC值最低,为0.19,表明它是五月艾蛋白的第一限制氨基酸。因此,在日常饮食中,为了提高蛋白质的利用率,建议将五月艾与富含硫氨基酸的食物搭配食用。

SRC值越接近100,表明该食品中各种必需氨基酸的含量越均衡,其营养价值越高^[23]。五月艾SRC值为62.72,略低于红脚艾(63.37)和白菜(71.52),略高于红薯(60.57)和玉米(55.14)^[23]。这些结果进一步印证了五月艾蛋白具有较高的营养价值。

2.4.3 功能性氨基酸 功能性氨基酸是一类在生物体中发挥重要调节作用的氨基酸,它们参与并调节与健康水平和存活率、促进生长与发育等相关的关键代谢途径^[40]。五月艾中包含了8种功能性氨基酸,它们分别是谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、甘氨酸、精氨酸、组氨酸、脯氨酸和色氨酸,这些功能性氨基酸在氨基酸总量中占据了相当大的比例,达到了56.7%,其中天冬氨酸含量最高,达到了13.15%;其次是谷氨酸,含量为11.97%;而色氨酸含量最低,仅为2.08%。天冬氨酸和谷氨酸在生物体内发挥着重要的角色,它们可以作为底物合成嘧啶和嘌呤核苷酸,对于免疫细胞的增殖至关重要,同时还可以作为小肠主要的能源物质,有助于维持肠道的完整性^[17]。因此,五月艾中的功能性氨基酸含量丰富,尤其是天冬氨酸和谷氨酸的

表5 五月艾必需氨基酸与FAO/WHO标准模式对比

Table 5 Comparison of essential amino acids in *Artemisia indica* with FAO/WHO amino acid standard model

必需氨基酸	五月艾	FAO/WHO模式	RAA	RC	SRC
缬氨酸	1.40	5.0	0.28	1.01	
异亮氨酸	1.09	4.0	0.27	0.98	
亮氨酸	2.01	7.0	0.29	1.03	
苏氨酸	1.14	4.0	0.29	1.02	62.72
赖氨酸	2.04	5.5	0.37	1.33	
苯丙氨酸+酪氨酸	2.41	6.0	0.40	1.44	
甲硫氨酸+胱氨酸	0.18	3.5	0.05	0.19	

含量较高,这使得五月艾成为一种具有重要营养价值的植物。

2.5 主要活性物质含量分析

由表6可知,五月艾中主要含有三萜、多糖、还原糖和黄酮,它们的含量分别为5.38%、2.91%、1.73%和0.93%。三萜化合物是五月艾中的主要活性成分,具有抗菌、抗病毒、溶血、抗癌、降低胆固醇等多种药理活性^[41]。多糖类含量次之,研究表明艾叶多糖具有抗肿瘤、抗衰老、抑菌、抗氧化和免疫调节等作用,具有很大的潜力被开发成功能食品或保健食品^[42]。

2.6 重金属含量分析

由表7可知,五月艾中检测出了4种重金属,这表明它对铅、汞、铬、镉具有一定的富集作用。其中铅的含量最高,为0.583 mg·kg⁻¹;其次是镉,

表6 五月艾中活性物质含量

Table 6 Contents of active substances in *Artemisia indica*

材料	黄酮/%	三萜/%	多糖/%	还原糖/%
五月艾	0.93±0.09	5.38±0.60	2.91±0.24	1.73±0.14

注:“%”表示每100 g干物质中活性成分的占比。

为0.521 mg·kg⁻¹;而砷元素并未被检出。根据GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》和《药用植物及制剂外经贸绿色行业标准》规定,五月艾中仅有铬和镉的含量超出标准范围,这与董鹏鹏等^[43]研究结果相一致^[43],推测超出标准的原因可能与其生长的土壤中铬和镉元素含量较多有关。因此,为了保证五月艾的质量,应该积极推动其规范化种植和采收,同时在进入市场时需要特别注意铬和镉含量超标问题。

表7 五月艾中重金属含量

Table 7 Contents of heavy metals in *Artemisia indica*

项目	铅/(mg·kg ⁻¹)	砷/(mg·kg ⁻¹)	汞/(mg·kg ⁻¹)	铬/(mg·kg ⁻¹)	镉/(mg·kg ⁻¹)
五月艾	0.583±0.07	ND	0.019±0.003	0.236±0.015	0.521±0.06
GB 2762—2017	≤1.0	≤0.5	≤0.1	ND	≤0.5
行业标准	≤5.0	≤2.0	≤0.2	ND	≤0.3

注:ND代表未检出。

3 讨论

艾草作为一种传统中药材,因其丰富的药理作用和活性成分,在医药、日用品、化妆品、纺织及饲料等多个领域展现出广泛的应用前景。在医药领域,艾草产品形式多样,从传统艾灸条、艾贴、艾药包到现代制剂如艾炭^[44]、艾附暖宫颗粒^[45]等,充分利用了其温经止血、散寒止痛的功效。在日用品与化妆品领域,艾草香囊、洗手液、牙膏等产品

逐渐兴起,满足消费者对天然、健康产品的需求。在食品领域,艾草茶、艾草酒、艾草糕点等产品也为消费者带来新的味蕾体验。纺织领域的创新应用,如艾草纳米纤维复合材料^[46],使纺织品具备抗菌、防臭、透气等新功能。同时,艾草在饲料领域的应用也具有广阔前景,饲料中添加艾草粉能增强畜禽体质,防治疾病,提升畜禽产品品质^[47]。

五月艾作为艾草的特定品种,除了可应用于上述领域外,其高蛋白、高纤维、低脂肪特性以及

丰富的维生素和矿物质元素,特别是高VB₂和钾含量,为营养补充剂、代餐产品以及特定营养素缺乏人群的补充剂开发提供了新的思路。此外,五月艾中的活性成分三萜和多糖含量较高,具有潜在的抗肿瘤和调节免疫等药用价值,为保健品和药品的开发提供了科学依据。

本研究仅侧重于对五月艾的营养成分、活性物质和重金属含量进行测定和分析,并未检测其挥发性成分及评价其保健功效。为了全面了解五月艾的营养和保健价值,下一步可对其挥发性成分进行分析检测,并综合评价五月艾的保健功效,以便更深入地了解五月艾的营养和保健价值,为其在食品、保健品等领域的应用提供理论支持和实践指导。

参 考 文 献

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草-1[M]. 上海:上海科学技术出版社,1999.
- [2] 罗献瑞. 实用中草药彩色图集-第三册[M]. 广州:广东科技出版社,1994.
- [3] 国家药典委员会. 中国药典. I 部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2020: 91.
- [4] 江苏新医学院. 中药大辞典(上册)[S]. 上海:上海人民出版社,1997: 559.
- [5] 钟志娟. 山香圆和五月艾的化学成分研究[D]. 北京:中国科学院大学,2016.
- [6] RASHID S, RATHER M A, SHAH W A, *et al.*. Chemical composition, antimicrobial, cytotoxic and antioxidant activities of the essential oil of *Artemisia indica* Willd.[J]. *Food Chem.*, 2013, 138(1): 693-700.
- [7] AHMAD W, KHAN I, KHAN M A, *et al.*. Evaluation of antidiabetic and antihyperlipidemic activity of *Artemisia indica* linn (aerial parts) in Streptozotocin induced diabetic rats[J]. *J. Ethnopharmacol.*, 2014, 151(1): 618-623.
- [8] ZENG Y T, JIANG J M, LAO H Y, *et al.*. Antitumor and apoptotic activities of the chemical constituents from the ethyl acetate extract of *Artemisia indica*[J]. *Mol. Med. Rep.*, 2015, 11(3): 2234-2240.
- [9] 韦志英,吴怀恩,梁海燕. 广西产五月艾挥发油的气相色谱-质谱联用分析[J]. 中国民族民间医药,2009,18(1):27-29.
WEI Z Y, WU H E, LIANG H Y. Analysis of chemical constituents of volatile oil from *Artemisia indica* of Guangxi by GC-MS[J]. *Chin. J. Ethnomed. Ethnophar.* 2009, 18(1): 27-29.
- [10] RUWALI P, AMBWANI T K, GAUTAM P. *In vitro* immunomodulatory potential of *Artemisia indica* Willd. in chicken lymphocytes[J]. *Vet. World*, 2018, 11(1): 80-87.
- [11] YANG M T, KUO T F, CHUNG K F, *et al.*. Authentication, phytochemical characterization and anti-bacterial activity of two *Artemisia* species[J/OL]. *Food Chem.*, 2020, 333: 127458 [2025-01-13]. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127458>.
- [12] YANG M T, LIN Y X, YANG G, *et al.*. Functional and mechanistic studies of two anti-coccidial herbs, *Bidens pilosa* and *Artemisia indica*[J]. *Planta Med.*, 2022, 88(3/4): 282-291.
- [13] TIMALSINA D, POKHREL K P, BHUSAL D. Pharmacologic activities of plant-derived natural products on respiratory diseases and inflammations[J/OL]. *BioMed. Res. Int.*, 2021, 2021: 1636816 [2025-01-13]. <https://doi.org/10.1155/2021/1636816>.
- [14] GOU Y, LI Z N, FAN R Y, *et al.*. Ethnobotanical survey and evaluation of traditional mosquito repellent plants of Dai people in Xishuangbanna, Yunnan Province, China[J/OL]. *J. Ethnopharmacol.*, 2020, 262: 113124[2025-01-13]. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113124>.
- [15] 庄二平,郑真. 南阳市艾草产业发展分析[J]. 农村经济与科技,2022,33(3):147-149.
- [16] 黄丽华,李芸瑛. 艾叶的营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2014,35(20):124-127.
HUANG L H, LI Y Y. Analysis on contents nutrition in *Artemisia argyi*[J]. *Food Res. Dev.*, 2014, 35(20): 124-127.
- [17] 邢澍祺,李杰,韩惠娟,等. 红脚艾营养成分分析与评价[J]. 食品工业科技, 2021, 42(3): 315-319.
XING S Q, LI J, HAN H J, *et al.*. nutritional components analysis and assessment of *Artemisia verlotorum* Lamotte[J]. *Sci. Technol. Food Ind.*, 2021, 42(3): 315-319.
- [18] BRISIBE E A, UMOREN U E, BRISIBE F, *et al.*. Nutritional characterisation and antioxidant capacity of different tissues of *Artemisia annua* L.[J]. *Food Chem.*, 2009, 115(4): 1240-1246.
- [19] 王登奎,吴刚,程向晖,等. 野艾蒿中氨基酸、维生素、微量元素含量分析[J]. 中成药,2006,28(11):1658-1660.
- [20] 梅全喜,董普仁,王剑,等. 不同产地艾叶中挥发油和微量元素含量的比较[J]. 中国中药杂志, 1991, 16(12): 718.
MEI Q X, DONG P R, WANG J, *et al.*. Comparison of volatile oil and trace element content in *Artemisia argyi* leaves from different regions[J]. *China J. Chin. Materia Medica*, 1991, 16(12): 718.
- [21] 张剑,杨新妮,高冰. 分光光度法在色氨酸定量中的应用[J]. 中国酿造,2012,31(6):166-169.
ZHANG J, YANG X N, GAO B. Application of spectrophotometry in tryptophan measurement[J]. *China Brew.*, 2012, 31(6): 166-169.
- [22] FAO/WHO. Energy and protein requirements[R]. Geneva: World Health Organization, 1973: 52-68.
- [23] 朱圣陶,吴坤. 蛋白质营养价值评价—氨基酸比值系数法[J]. 营养学报, 1988, 10(2): 187-190.
ZHU S T, WU K. Nutritional evaluation of protein-ratio coefficient of amino acid[J]. *Acta Nutr. Sin.*, 1988, 10(2): 187-190.
- [24] 詹歌,孙梦媛,李军,等. 不同产地5种菊花氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 安徽农业大学学报,2019,46(6):908-914.
ZHAN G, SUN M Y, LI J, *et al.*. Analysis of amino acid composition and nutritive value of five cultivars of *Chrysanthemum morifolium* from different producing areas[J]. *J. Anhui Agric. Univ.*, 2019, 46(6): 908-914.
- [25] 郭畅,李超,侯明明,等. 荔枝草多糖的提取工艺优化及其体外抗氧化、降血糖活性分析[J]. 食品工业科技, 2022, 43(20): 211-219.
GUO C, LI C, HOU M M, *et al.*. Extraction optimization and its

- inoxidizability and hypoglycemic properties in vitro of polysaccharide from *Salvia plebeia* R. Br.[J]. Sci. Technol. Food Ind., 2022, 43(20): 211-219.
- [26] 何策,王超,陈纯,等. 桑树桑黄总三萜提取工艺优化及其降血脂、抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(7): 208-215. HE C, WANG C, CHEN C, *et al.*. Optimization of extraction technology of total triterpenoids from *Inonotus sanghuang* and their hypolipidemic and antioxidant activities[J]. Sci. Technol. Food Ind., 2021, 42(7): 208-215.
- [27] 张迪. 响应面法优化马鞭草中总黄酮闪式提取工艺及其体外抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2019, 40(3): 173-178+184. ZHANG D. Optimization of flash extraction technology of total flavonoids from *Verbena officinalis* L. by response surface methodology and its antioxidant activity *in vivo*[J]. Sci. Technol. Food Ind., 2019, 40(3): 173-178+184.
- [28] 李超,马航,吴冉,等. 植物蛋白提取技术研究进展[J]. 现代食品, 2023, 29(11): 12-19. LI C, MA H, WU R, *et al.*. Research progress of plant protein extraction technology[J]. Mod. Food, 2023, 29(11): 12-19.
- [29] 王静,李超君,陆学洲,等. 膳食纤维生理功能、制备方法及其在食品加工中的应用[J]. 保鲜与加工, 2023, 23(4): 74-80. WANG J, LI C J, LU X Z, *et al.*. Physiological function, preparation method and its application in food processing of dietary fiber[J]. Storage Process, 2023, 23(4): 74-80.
- [30] KUMAR N S S, NAZEER R A, JAIGANESH R. Purification and biochemical characterization of antioxidant peptide from horse mackerel (*Magalaspis cordyla*) viscera protein[J]. Peptides, 2011, 32(7): 1496-1501.
- [31] 芮元元,李倩. B族维生素与临床相关疾病的研究进展[J]. 沈阳医学院学报, 2021, 23(2): 173-176. RUI Y Y, LI Q. Research progress of the therapeutic effects of B vitamins in clinical diseases[J]. J. Shenyang Med. College, 2021, 23(2): 173-176.
- [32] 于翰宗,田蒙,姜山,等. 高效液相色谱-荧光检测法测定大白菜中维生素K₁含量[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(20): 149-152. YU H Z, TIAN M, JIANG S, *et al.*. Determination of vitamin K₁ content in Chinese cabbage by high performance liquid chromatography-fluorescence detection[J]. Hubei Agric. Sci., 2022, 61(20): 149-152.
- [33] 贾志慧,李学鹏,励建荣,等. 基于信号通路的食物中矿物元素对骨代谢影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(20): 7508-7515. JIA Z H, LI X P, LI J R, *et al.*. Effect of mineral element in food on bone metabolism based on signal pathway[J]. J. Food Safety Quality, 2020, 11(20): 7508-7515.
- [34] BUDIYANTO M, YASIN M, MAHDIANNUR M A. Determination of potassium concentration in solution using optical fiber sensors[C]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2021, 1125(1): 012004.
- [35] TONG G M, RUDE R K. Magnesium deficiency in critical illness[J]. J. Intensive Care Med., 2005, 20(1): 3-17.
- [36] KANBAY M, GOLDSMITH D, UYAR M E, *et al.*. Magnesium in chronic kidney disease: challenges and opportunities[J]. Blood Purif., 2010, 29(3): 280-292.
- [37] 张楠,叶晶晶,廖春华,等. 羊肚菌柄营养成分的分析与评价[J]. 食品工业科技, 2021, 17: 335-342. ZHANG N, YE J J, LIAO C H, *et al.*. Analysis and evaluation of nutritional components in stipe of *Morchella esculenta*[J]. Sci. Technol. Food Ind., 2021, 42(17): 335-342.
- [38] PELLETT P L, YONG V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tolyo: The United National University Publishing Company, 1980.
- [39] 李祥栋,章洁琼,潘虹,等. 18份薏苡自交系的主要氨基酸及脂肪酸组分评价[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(21): 159-164. LI X D, ZHANG J Q, PAN H, *et al.*. Evaluation of main amino acids and fatty acid components of 18 coix inbred lines[J]. Jiangsu Agric. Sci., 2021, 49(21): 159-164.
- [40] 王蜀金,陈惠娜,方思敏,等. 功能性氨基酸在动物机体内的代谢利用与生理功能[J]. 家畜生态学报, 2014, 35(8): 6-12. WANG S J, CHEN H N, FANG S M, *et al.*. Metabolism and physiological function of functional amino acids in animals[J]. J. Domest. Anim. Ecol., 2014, 35(8): 6-12.
- [41] 段丽萍,孙炜炜,苗丽坤,等. 艾叶总三萜的提取工艺优化及其抑菌活性[J]. 现代食品科技, 2020, 36(5): 88-95. DUAN L P, SUN W W, MIAO L K, *et al.*. Extraction optimization of total triterpenoids from *Artemisia argyi* and its antibacterial activity[J]. Mod. Food Sci. Technol., 2020, 36(5): 88-95.
- [42] 何柳,王云鹏,谢卫红,等. 艾叶多糖的提取、结构分析与功能的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2022, 43(1): 202-209. HE L, WANG Y P, XIE W H, *et al.*. A review of the extraction, structure and function of *Artemisia argyi* polysaccharides[J]. Food Res. Develop., 2022, 43(1): 202-209.
- [43] 董鹏鹏,梅全喜,戴卫波. 不同产地艾叶总黄酮、重金属和硒元素的含量比较研究[J]. 时珍国医国药, 2016, 27(1): 74-76. DONG P P, MEI Q X, DAI W B. Comparison study on contents of total flavonoids and heavy metals and Se in folium artemisiae argyi from different producing areas[J]. Lishizhen Med. Mater. Med. Res., 2016, 27(1): 74-76.
- [44] 吕佳美. 长白山地区艾叶质量标准及艾叶炭炮制标准研究[D]. 长春: 长春中医药大学, 2019.
- [45] 王文通. 艾附暖宫颗粒的制备工艺及质量标准研究[D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2021.
- [46] 柳洋,牛健行,李玉瑶,等. 艾草/聚丙烯腈纳米纤维复合材料的制备及其超亲水、长久抗菌性能[J]. 复合材料学报, 2022, 39(5): 2258-2268. LIU Y, NIU J X, LI Y Y, *et al.*. Preparation artemisia/polyacrylonitrile nanofiber composites and their super-hydrophilic and long-term antibacterial properties[J]. Acta Materiae Compositae Sin., 2022, 39(5): 2258-2268.
- [47] 刘超齐,常娟,王平,等. 艾草的生物学功能及在畜牧生产上的应用[J]. 动物营养学报, 2018, 30(9): 3417-3422. LIU C Q, CHANG J, WANG P, *et al.*. *Artemisia argyi*: biological function and application in animal production[J]. Chin. J. Anim. Nutr., 2018, 30(9): 3417-3422.