

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240121001

# 刺通草的营养成分分析及其氨基酸评价

陈玉芹<sup>1</sup>, 赵成法<sup>2\*</sup>, 沐远<sup>2</sup>, 王春梅<sup>1</sup>, 尹红星<sup>1</sup>, 匡钰<sup>1</sup>, 胡永亮<sup>1</sup>

(1. 云南省德宏热带农业科学研究所, 瑞丽 678600; 2. 大理大学东喜玛拉雅研究院, 大理 671000)

**摘要:** **目的** 研究刺通草各部位营养成分, 评价其氨基酸营养价值。**方法** 通过对刺通草花苞、嫩叶、老叶、茎皮等部位的蛋白质、总灰分、氨基酸、氮、磷、钾、钙进行测定与分析, 综合评价各部位的营养情况。**结果** 刺通草不同部位的营养成分存在差异, 花苞的蛋白质及氮、磷、钾含量最高, 分别为18.60%、2.98%、0.512%、3.00%; 茎皮中总灰分和钙含量最高, 分别为31.32%、7.28%, 约为花苞和叶的3倍。各部位均检测到16种氨基酸和6种必需氨基酸, 总氨基酸含量为47.59~106.57 mg/g, 必需氨基酸含量为17.07~38.14 mg/g, 必需氨基酸占总氨基酸含量的34.70%~40.27%。精氨酸、谷氨酸、天冬氨酸为花苞和茎皮的主要氨基酸; 谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸为嫩叶和老叶的主要氨基酸; 刺通草各部位的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸; 各部位呈味氨基酸和药用氨基酸含量丰富, 分别占总氨基酸的88%和56%以上。各部位的氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid, SRC)值介于65.42~71.11之间, 平均值为67.16。**结论** 刺通草花苞的蛋白质等营养含量丰富, 叶的氨基酸营养价值较高, 茎皮中钙含量非常丰富。本研究可为刺通草资源开发和利用提供科学参考。

**关键词:** 刺通草; 营养价值; 氨基酸; 药食两用植物

## Nutrient composition analysis and amino acid evaluation of *Trevesia palmata*

CHEN Yu-Qin<sup>1</sup>, ZHAO Cheng-Fa<sup>2\*</sup>, MU Yuan<sup>2</sup>, WANG Chun-Mei<sup>1</sup>, YIN Hong-Xing<sup>1</sup>,  
KUANG Yu<sup>1</sup>, HU Yong-Liang<sup>1</sup>

(1. Dehong Tropical Agriculture Institute of Yunnan, Ruili 678600, China; 2. Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali 671000, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the nutritional components and evaluate the amino acid nutritional value of various parts of *Trevesia palmata*. **Method** The content of protein, total ash, amino acids, nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium content in *Trevesia palmata* flower buds, tender leaves, old leaves, and stem bark parts were determined and analyzed to evaluate the nutritional value. **Results** There were significant differences in the nutritional constituents of different parts in *Trevesia palmata*. The flower buds had the highest protein content and the highest levels of nitrogen, phosphorus, and potassium, at 18.60%, 2.98%, 0.512%, and 3.00% respectively. The total

**基金项目:** 云南省科技厅科技计划项目(基础研究专项 202101AU070141、202201AU070006)、云南省技术创新人才培养对象项目(202205AD160041)、德宏州技术创新人才培养对象项目(2023RC005)、德宏州李积华专家工作站英才兴边计划项目(2023RC013)

**Fund:** Supported by the Science and Technology Project of Yunnan Science and Technology Department (Basic Research Projects 202101AU070141, 202201AU070006), the Yunnan Provincial Technological Innovation Talent Cultivation Program (202205AD160041), the Technological Innovation Talent Cultivation Program of Dehong Prefecture (2023RC005), and the Li Ji-hua Dehong prefectural Expert Workstation Program for the Promotion of Border Region (2023RC013)

\***通信作者:** 赵成法, 博士, 助理研究员, 硕士生导师, 主要研究方向为高原特色农业资源开发利用。E-mail: zhaocf@eastern-himalaya.cn

\***Corresponding author:** ZHAO Cheng-Fa, Ph.D, Assistant Professor, Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali 671000, China. E-mail: zhaocf@eastern-himalaya.cn

ash and calcium in stem bark were 31.32% and 7.28% respectively, which were about 3 times than flower bud and leaves. The 16 kinds of amino acids containing 6 kinds of essential amino acids were detected in all parts, the total amino acids content were 47.59–106.57 mg/g, the essential amino acids content were 17.07–38.14 mg/g, which accounted for 34.70%–40.27% of the essential amino acids in total amino acid content. Arginine, glutamic, and aspartic were the main amino acids in flower bud and stem bark; glutamic, aspartic, and leucine acid were the main amino acids of tender and old leaves. The first limiting amino acid was methionine+cysteine. The flavorful and medicinal amino acids in each part were rich, which accounting for 88% and 56% of the total amino acids, respectively. The score of ratio coefficient of amino acid (SRC) value of each site ranged from 65.42 to 71.11, with a mean of 67.16. **Conclusion** The protein and other nutrients are rich in flower bud, and also the nutritional value of amino acids in leaves and calcium in stem bark. This study can provide a scientific value for the development and utilization for the resources of *Trevesia palmata*.

**KEY WORDS:** *Trevesia palmata*; nutritive value; amino acids; medicinal and edible plants

## 0 引言

随着经济发展和生活水平提高,人们对养生保健越发重视。国务院曾印发《“健康中国 2030”规划纲要》,使“健康中国”上升为国家发展战略,推动以人民健康为中心,实施健康中国行动,提高全民健康水平<sup>[1-3]</sup>。药食两用植物相较药物而言性质较为温和,以“食疗”“食养”为主,多用于保健、预防疾病及辅助治疗。药食同源植物被证实对人体无害,适合人类长期食用,因此被广泛接受<sup>[4]</sup>,渐渐成为人们日常保健养生关注的热点,其研究与利用也得到快速发展。云南是我国的动植物王国,脊椎动物和高等植物物种数在全国占比分别达到 52.2%、55.2%<sup>[5]</sup>,复杂的地质地貌和气候条件塑造了极其丰富的生物多样性,是大健康产业资源宝库。此外,云南世居少数民族如傣族、彝族、藏族、白族等都有自己的传统医药学,丰富的民族医药文化不仅塑造了多样的民族文化,更是中华传统医药学宝贵资源库的有利补充<sup>[6]</sup>。

刺通草 [*Trevesia palmata* (Roxb.) vis.] 为五加科 (Araliaceae) 刺通草属 (*Trevesia* Vis) 植物,又名广叶葎、挡凹、挡别、党楠、柅木、天罗伞、裂叶木通等,为常绿小乔木,树高 3~5 m,树皮有刺和绒毛。叶为单叶,革质,掌状深裂,裂片 5~9;叶柄常疏生刺,托叶和叶柄基部合生<sup>[7]</sup>。主要分布在我国云南南部、广西和贵州,生于森林中,海拔 1300~1900 m。云南俗称“苦凉包”,傣族名“挡凹”。刺通草的根、茎、叶均可入药,《中国傣药志》上记载其味苦、性寒,具有祛风解毒,强筋骨,消肿止痛的作用,可用于治疗风寒湿痹证,肢体关节酸痛等症<sup>[8]</sup>。在云南,刺通草是傣族、景颇族、傣族等民族非常喜爱的一种药食同源野生蔬菜<sup>[9]</sup>,其食用部位为植株的嫩叶、嫩茎、花苞等鲜嫩部分,可以捣烂生食,也可以煮食或炒食,风味独特。目前国内对刺通草的研究较少,主要集中在刺通草的无性繁殖<sup>[10]</sup>、化学成分<sup>[11]</sup>及生物活性<sup>[7]</sup>等方面,涵盖双糖链皂苷、

齐墩果酸型三萜皂苷等化合物的降血糖、抗肿瘤<sup>[12-13]</sup>、抗炎和抗菌抗病毒<sup>[14-15]</sup>等诸多药理活性作用研究。

氮、磷、钾、钙元素对植物的生长发育和代谢过程有着重要的作用;氨基酸是植物体内蛋白质的组成单元,参与植物的生长发育、免疫应答等多种生物学过程。氨基酸的供应可以促进植物的蛋白质合成、提高植物的抗逆性,并在植物的代谢调节中发挥重要作用<sup>[16]</sup>。一些氨基酸还具有信号分子的功能,参与植物的生长调控。氨基酸不仅是药食同源类药材药理作用的主要物质之一,也是评价质量及营养价值的重要指标<sup>[16]</sup>。徐丽等<sup>[17]</sup>对兰州百合研究发现,苦味和涩味与百合的蛋白质及氨基酸含量具有相关性;李新月等<sup>[18]</sup>对天麻研究发现,总皂苷、多糖、氨基酸等主要营养元素可作为天麻质量评价的指标之一;胡真真等<sup>[19]</sup>对药食同源植物赤苍藤茎和叶成分研究发现,叶的必需氨基酸(essential amino acids, EAA)/非必需氨基酸(non-essential amino acids, NEAA)比值更接近理想蛋白质模式,食用价值最高。目前,刺通草作为一种优质的药食植物资源,使用价值未被充分挖掘,且对刺通草营养成分分析和氨基酸评价,旨在为刺通草资源的综合利用提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

刺通草(图 1)于 2023 年 1 月 8 日采自瑞丽市勐秀山洼子,野生品种,由云南省德宏热带农业科学研究所药用植物研究中心周候光副研究员鉴定为刺通草 [*Trevesia palmata* (Roxb.) vis.]。采集的样品分为嫩叶(叶和叶柄上有绒毛,浅棕色,叶未展开)、老叶(叶呈掌状,绿色,叶柄带刺)、花苞、茎皮,带回实验室于烘箱 60℃烘干至恒重,制成风干样品,粉碎后备用。



图 1 刺通草的嫩叶(a)、老叶(b)、花苞(c)、茎皮(d)

Fig.1 Young leaves (a), old leaves (b), buds (c), and stem skins (d) of *Trevesia palmata*

盐酸(分析纯, 重庆万盛川东化工有限公司); 缓冲液(pH 2.20、3.20、4.25、6.45)[大昌洋行(上海)有限公司]; AAS18-5ML 氨基酸标准品(18 个组分, 纯度 99.5%)(国家标准物质资源平台); 氮气(纯度 99.999%, 昆明梅塞尔气体产品有限公司)。

## 1.2 仪器与设备

RETSCH MM400 组织磨样器(济南泰和盈科商贸有限公司); ME204 电子分析天平(精度 0.0001 g, 上海恒勤仪器设备有限公司); Biochrom30+全自动氨基酸分析仪[大昌洋行(上海)有限公司]; PinAAcle 900F 火焰原子吸收分光光度计(美国 PerkinElmer 公司); XL-2000A 智能一体马弗炉(鹤壁市恒鑫仪器仪表有限公司); 瑞士布奇 K-370 凯氏定氮仪(上海晟声自动化分析仪器有限公司)。

## 1.3 实验方法

### 1.3.1 常规营养成分测定方法

刺通草常规营养成分氮、磷、钾、钙、总灰分、蛋白质分别参照 NY/T 2017—2011《中华人民共和国农业行业标准 植物中氮、磷、钾的测定》、GB 5009.92—2016《食品安全国家标准 食品中钙的测定》、GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》、GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》凯氏定氮法进行测定。

### 1.3.2 氨基酸含量测定方法

参照 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》, 称取 0.2000 g 样品置于 10.0 mL 安瓿瓶中, 加入 10.0 mL 6 mol/L HCl 溶液, 用酒精喷灯封口后放入(110±1)°C 恒温干燥箱内水解 22 h, 冷却至室温, 将水解液全部过滤转移至 50 mL 容量瓶、定容, 摇匀。准确吸取 2.0 mL 滤液于蒸发皿 60°C 水浴蒸干, 待液体快蒸干再加入 2.0 mL 去离子水, 重复 3 次, 蒸干。加

入 2.0 mL pH 2.2 稀释液, 混匀后过 0.45 μm 滤膜, 滤液为上机待测液。

## 1.4 氨基酸营养价值评价

### 1.4.1 必需氨基酸评分法

采用联合国粮食及农业组织和世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)建议的理想蛋白质人体必需氨基酸模式<sup>[20]</sup>。并按照公式(1)、(2)计算氨基酸评分(amino acid score, AAS)和氨基酸比值系数(ratio coefficient of amino acid, RC)。当 RC 大于 1 或小于 1 时, 表示该种 EAA 相对过剩或不足; RC 最小者为第一限制性氨基酸。

$$\text{AAS}/\% = \frac{\text{某个EAA含量}}{\text{FAO/WHO相应EAA含量}} \quad \text{RC} = \frac{\text{某个必需氨基酸 AAS/AAS 平均值}}{\quad} \quad (2)$$

### 1.4.2 氨基酸比值系数分

按照公式(3)计算氨基酸比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid, SRC), SRC 表示食物蛋白质的相对营养价值, SRC 越大, 说明营养价值越高。

$$\text{SRC} = 100 \times (1 - \text{RC 的变异系数}) \quad (3)$$

## 1.5 数据处理

采用 Exce1 2019 软件对测定数据统计整理, 以“平均值±标准偏差”表示。采用 SPSS 24.0 对数据进行方差齐性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 常规营养成分分析

矿物质元素氮、磷、钾、钙不仅是植物生长的必需元素, 对植物生长发育和有效成分的积累有重要作用, 也是人体所需的一类重要营养成分<sup>[21]</sup>。如钙元素不仅是偶联胞外信

号与胞内生理反应的信使,在调节植物对逆境胁迫信号的转导过程、保护植物体内的酶活性和物质积累中起着重要的作用。由表 1 和表 2 可看出,刺通草的氮、磷、钾、钙元素的含量分别为 2.03%~2.98%、0.314%~0.512%、2.20%~3.00%、2.28%~7.28%;磷、钾、钙含量均远高于细柱五加、刺五加、红毛五加、细叶百合、有斑百合、毛百合、东北百合,且钙含量是三七钙含量的 5 倍以上,这可能是因为刺通草是森林野生品种,与土壤养分含量水平高有关,植物生长过程所需要的养分主要是从其土壤中吸取;这也说明刺通草的矿物元素磷、钾、钙含量非常丰富,可作为提供磷、钾、钙元素的植物源,对于素食主义者来说,刺通草是不错的蛋白质、钙丰富来源蔬菜之一。由表 1 可知,花苞、嫩叶、老叶、茎皮的氮含量、钙含量、总灰分、蛋白质均有显著差异,其中,花苞中的氮含量和蛋白质最高,分别达到 2.98%、18.60%,食用花苞能获得丰富的蛋白

质营养。总灰分是食物中无机物质的总和,包括钙、镁、磷等元素;磷和钾具有促进果实发育的作用,钾还可以提高植物对抗逆境的作用,同一种植物的不同器官对各种矿物元素的富集能力有差异<sup>[19]</sup>。表 1 可看出,磷和钾在花苞中积累最多,钙在茎皮中积累最多,值得注意的是茎皮中总灰分和钙含量最高,是各部位的 3 倍以上,说明茎皮中无机物质最为丰富,具有作为开发保健品的植物源潜力,同时可进一步分析茎皮中的其他无机物质,为开发保健品提供科学数据。

## 2.2 刺通草氨基酸组成分析

刺通草各部位氨基酸种类及含量见表 3。结果显示,刺通草的花苞、嫩叶、老叶和茎皮的氨基酸含量存在一定差异,但氨基酸组成结构一致,均含有天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸等 16 种氨基酸和 6 种 EAA,未检出蛋氨酸;这可能是因为刺通草中蛋氨酸含量本身很低,且酸水

表 1 刺通草各部位常规营养成分(%)  
Table 1 Amino acid composition in various parts of *Trevesia palmata* (%)

营养成分	花苞	嫩叶	老叶	茎皮
氮	2.98±0.03 <sup>d</sup>	2.63±0.03 <sup>c</sup>	2.35±0.06 <sup>a</sup>	2.03±0.03 <sup>b</sup>
磷	0.512±0.007 <sup>c</sup>	0.481±0.015 <sup>b</sup>	0.334±0.006 <sup>a</sup>	0.314±0.007 <sup>a</sup>
钾	3.00±0.12 <sup>e</sup>	2.87±0.03 <sup>c</sup>	2.20±0.08 <sup>a</sup>	2.49±0.05 <sup>b</sup>
钙	2.28±0.01 <sup>a</sup>	3.20±0.25 <sup>c</sup>	2.72±0.04 <sup>b</sup>	7.28±0.13 <sup>d</sup>
总灰分	10.07±0.07 <sup>b</sup>	11.17±0.24 <sup>c</sup>	8.84±0.24 <sup>a</sup>	31.32±0.29 <sup>d</sup>
蛋白质	18.60±0.17 <sup>d</sup>	16.51±0.03 <sup>c</sup>	14.68±0.34 <sup>b</sup>	12.66±0.12 <sup>a</sup>

注:同一行具有相同字母表示差异不显著( $P>0.05$ ),反之则表示差异显著( $P<0.05$ ),表 3 同。

表 2 刺通草矿物元素与其他药食两用植物进行对比( $\mu\text{g/g}$ )  
Table 2 Comparison of the mineral elements in *Trevesia palmata* and other medicinal and edible plants ( $\mu\text{g/g}$ )

植物	磷	钾	钙	数据来源
刺通草	3140~5120	22000~30000	22800~72800	自测
细柱五加	140.1~3792.9	12940.2~23128.2	11676.5~32062.9	
刺五加	249.2	16396.1	20107.8	[22]
红毛五加	167.2	13032.3	10307.1	
细叶百合	1624.067	12561.333	432.133	
有斑百合	405.067	13872.000	227.733	
毛百合	405.067	14651.333	233.200	[23]
东北百合	1320.467	4346.521	418.333	
三七	-	-	2200~3960	[24]

注:-表示文献中未提及。

解会导致蛋氨酸部分损失。刺通草花苞、嫩叶、老叶、茎皮的 TAA 含量存在显著差异, TAA 含量在 47.59~106.57 mg/g, 含量从高到低依次为花苞>嫩叶>老叶>茎皮, 花苞的 TAA 含量最高, 为 106.57 mg/g, 与嫩叶相当, 是茎皮的 2 倍, 与刺五加叶<sup>[25]</sup>(119.34 mg/g)接近。

EAA 含量高低及比例是决定植物营养及食用价值的重要因素<sup>[26]</sup>。由表 3 可知, 刺通草 EAA 含量介于 17.07~38.14 mg/g 之间, 其中嫩叶的 EAA 含量最高, 占 TAA 的 37.92%。花苞和嫩叶中 EAA 含量高低顺序一致, 为亮氨

酸>赖氨酸>缬氨酸>苯丙氨酸>异亮氨酸>苏氨酸; 老叶由高到低为亮氨酸>缬氨酸>赖氨酸>苯丙氨酸>异亮氨酸>苏氨酸; 茎皮由高到低为亮氨酸>缬氨酸>苯丙氨酸>赖氨酸>苏氨酸>异亮氨酸。根据蛋白质理想模式, 越接近人体 EAA 比例, 蛋白质营养价值也越优。由表 3 可知, 老叶的 EAA/TAA 比值(40.27%)、EAA/NEAA 比值(67.42%)更接近理想蛋白质模式(EAA/TAA 比值 40%, EAA/NEAA 比值 60%), 嫩叶的 EAA/TAA 比值(37.92%)、EAA/NEAA 比值(61.07%)次之, 说明老叶和嫩叶蛋白营养价值较高。

表 3 刺通草各部位氨基酸组成(mg/g)  
Table 3 Amino acid composition in various parts of *Trevesia palmata* (mg/g)

氨基酸	花苞	嫩叶	老叶	茎皮
天冬氨酸(Asp)	10.32±0.1 <sup>c</sup>	10.55±0.2 <sup>c</sup>	9.8±0.2 <sup>b</sup>	4.63±0.3 <sup>a</sup>
苏氨酸*(Thr)	4.49±0.2 <sup>b</sup>	4.9±0.2 <sup>c</sup>	4.81±0.1 <sup>b</sup>	2.18±0.3 <sup>a</sup>
丝氨酸(Ser)	6.05±0.2 <sup>c</sup>	5.84±0.2 <sup>c</sup>	5.19±0.2 <sup>b</sup>	3.08±0.1 <sup>a</sup>
谷氨酸(Glu)	14.9±0.9 <sup>c</sup>	15.29±0.2 <sup>c</sup>	13.07±0.3 <sup>b</sup>	7.35±0.4 <sup>a</sup>
甘氨酸(Gly)	5.24±0.2 <sup>b</sup>	5.4±0.3 <sup>b</sup>	5.64±0.3 <sup>b</sup>	2.39±0.3 <sup>a</sup>
丙氨酸(Ala)	6.09±0.3 <sup>b</sup>	6.25±0.1 <sup>b</sup>	6.16±0.2 <sup>b</sup>	2.82±0.4 <sup>a</sup>
胱氨酸(Cys)	0.86±0.1 <sup>a</sup>	0.79±0.1 <sup>a</sup>	0.98±0.2 <sup>a</sup>	0.79±0.2 <sup>a</sup>
缬氨酸*(Val)	6.04±0.1 <sup>b</sup>	6.53±0.2 <sup>b</sup>	6.63±0.4 <sup>c</sup>	3.05±0.1 <sup>a</sup>
蛋氨酸*(Met)	-	-	-	-
异亮氨酸*(Ile)	4.86±0.1 <sup>b</sup>	4.97±0.3 <sup>b</sup>	4.97±0.5 <sup>b</sup>	2.13±0.2 <sup>a</sup>
亮氨酸*(Leu)	8.83±0.2 <sup>b</sup>	8.85±0.2 <sup>b</sup>	8.96±0.6 <sup>b</sup>	3.94±0.4 <sup>a</sup>
酪氨酸(Tyr)	3.93±0.1 <sup>b</sup>	3.89±0.2 <sup>b</sup>	3.82±0.3 <sup>b</sup>	1.83±0.4 <sup>a</sup>
苯丙氨酸*(Phe)	5.74±0.1 <sup>b</sup>	5.9±0.3 <sup>b</sup>	6.12±0.2 <sup>b</sup>	2.95±0.3 <sup>a</sup>
组氨酸(His)	2.33±0.1 <sup>b</sup>	2.22±0.2 <sup>b</sup>	2.35±0.3 <sup>b</sup>	1.04±0.2 <sup>a</sup>
赖氨酸*(Lys)	7.02±0.2 <sup>c</sup>	7.09±0.2 <sup>c</sup>	6.59±0.1 <sup>b</sup>	2.82±0.2 <sup>a</sup>
精氨酸(Arg)	15.13±0.1 <sup>d</sup>	7.85±0.1 <sup>c</sup>	5.3±0.2 <sup>b</sup>	4.71±0.2 <sup>a</sup>
脯氨酸(Pro)	4.74±0.2 <sup>c</sup>	4.37±0.2 <sup>b</sup>	4.17±0.2 <sup>b</sup>	1.88±0.2 <sup>a</sup>
TAA	106.57±2.6 <sup>d</sup>	100.69±1.4 <sup>c</sup>	94.56±1.9 <sup>b</sup>	47.59±1.9 <sup>a</sup>
EAA	36.98	38.14	38.08	17.07
NEAA	69.59	62.45	56.48	30.52
(EAA/TAA)/%	34.70	37.92	40.27	35.87
(EAA/NEAA)/%	53.14	61.07	67.42	55.93

注: \*为 EAA; 总氨基酸(total amino acids, TAA)。

精氨酸是药用氨基酸,对恢复免疫细胞的抗肿瘤能力具有辅助作用,提高细胞免疫力<sup>[27]</sup>。刺通草各部位中精氨酸含量有显著差异,花苞中精氨酸最丰富,达 15.13 mg/g,是嫩叶的 2 倍,老叶和茎皮的 3 倍,谷氨酸含量次之(14.9 mg/g)、天冬氨酸第 3 (10.32 mg/g);谷氨酸在人体中具有解除机体氨毒的作用,参与脑组织的生化代谢和多种生理活性物质的合成<sup>[28]</sup>;且谷氨酸和天冬氨酸不仅是植物鲜味物质中的特征氨基酸,对蛋白质含量影响也较大<sup>[29]</sup>。嫩叶、老叶、茎皮中谷氨酸的含量最丰富,分别为 15.29、13.07、7.35 mg/g,天冬氨酸含量次之,精氨酸含量第 3。刺通草不同部位中精氨酸、谷氨酸、天冬氨酸可能是影响刺通草药效作用和鲜味的主要贡献氨基酸。值得关注的是刺通草各部位的 EAA 中亮氨酸含量最高,亮氨酸和异亮氨酸可以降低帕金森的风险<sup>[30]</sup>,富含亮氨酸的刺通草是否对帕金森具有一定的预防作用值得进一步研究。

### 2.3 刺通草各部位 AAS、RC 及 SRC

AAS 是一种蛋白质营养价值的评价方法,它反映了食物蛋白质与人体蛋白质构成模式的接近程度,AAS 越高说明蛋白质营养价值越高,机体越容易吸收和利用。根据 EAA 的 AAS、RC、SRC 可以对刺通草各部位的蛋白营养价值进行直观地评价。由表 4 可知,从 AAS 评分来看,老叶>嫩叶>花苞>茎皮;各部位的苯丙氨酸+酪氨酸 AAS 最高,更接近 FAO/WHO 推荐的模式谱,说明该氨基酸含量更接近人体合成蛋白质的 EAA 需要量;而蛋氨酸+胱氨酸 AAS 最低,表明刺通草各部位中蛋氨酸+胱氨酸

的营养低。从 RC 评分来看,刺通草各部位 RC 的变异系数在 0.29~0.35 之间,且苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、赖氨酸的 RC 值都接近或大于 1,说明这 6 个 EAA 营养在刺通草中接近人体所需;而蛋氨酸+胱氨酸的 RC 值最低,介于 0.19~0.41 之间,处于相对缺乏,为各部位的第一限制性氨基酸。因此,日常饮食中可以通过搭配蛋氨酸+胱氨酸丰富的食品,有利于氨基酸能被人体均衡吸收,提高氨基酸利用率。SRC 是研究蛋白质结构和功能的重要指标。从 SRC 值来看,各部位的 SRC 值介于 65.42~71.11 之间,平均达到 67.16,与赤苍藤成熟叶<sup>[19]</sup>(66.028)相当,说明刺通草中 EAA 的结构和比例合理,能被较好的吸收和利用,是理想的蛋白质来源。茎皮中 SRC 值(71.11)最高,其余花苞、嫩叶、老叶的 SRC 值差别不大,这说明茎皮在蛋白质营养价值方面还有开发的潜力,而花苞、嫩叶、老叶的蛋白质营养价值相当。

### 2.4 刺通草各部位的呈味氨基酸及药用氨基酸分析

氨基酸是构成蛋白质的基本单位,对食品的色香味具有重要作用。由表 5 可以看出,刺通草各部位呈味氨基酸分别占 TAA 的 90.12%、89.58%、88.45%、88.30%。有报道苦味氨基酸含量会影响食物的口感,中药材普遍有苦涩的味道。刺通草各部位苦味氨基酸由高到低为花苞>嫩叶>老叶>茎皮,其中,花苞的苦味氨基酸含量最丰富,达 34.86 mg/g,低于黄芪种子苦味氨基酸(29.07%~33.19%)<sup>[26]</sup>;花苞、嫩叶、老叶的芳香族氨基酸含量接近,茎皮的芳香族氨基酸含量最低,仅为 5.57 mg/g。

表 4 刺通草各部位 EAA 的 AAS、RC、SRC 值  
Table 4 AAS, RC and SRC of EAA in various parts of *Trevesia palmata*

氨基酸	FAO/WHO 模式谱	花苞		嫩叶		老叶		茎皮	
		AAS	RC	AAS	RC	AAS	RC	AAS	RC
苏氨酸	40	11.23	0.99	12.25	1.05	12.03	1.03	5.45	1.00
缬氨酸	50	12.08	1.07	13.06	1.12	13.26	1.13	6.10	1.12
异亮氨酸	40	12.15	1.07	12.43	1.06	12.43	1.06	5.33	0.98
亮氨酸	70	12.61	1.11	12.64	1.08	12.80	1.09	5.63	1.03
蛋氨酸+胱氨酸	35	2.46	0.22	2.26	0.19	2.80	0.24	2.26	0.41
苯丙氨酸+酪氨酸	60	16.12	1.42	16.15	1.38	16.57	1.42	7.97	1.46
赖氨酸	55	12.76	1.13	12.89	1.10	11.98	1.02	5.13	0.94
AAS 平均值		11.34		11.67		11.69		5.45	
RC 的变异系数			0.34		0.35		0.33		0.29
SRC 值/%		65.60		65.42		66.53		71.11	

药用氨基酸主要包括谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、甘氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、赖氨酸等氨基酸<sup>[28]</sup>。表5显示,刺通草药用氨基酸含量占TAA含量较高,介于58.14%~61.34%之间,由高到低为花苞>嫩叶>茎皮>老叶;花苞、嫩叶、老叶、茎皮的药用氨基酸分别为65.37、58.92、53.18、27.67 mg/g,花苞药用氨基酸含量最高,是茎皮的2倍,其所占氨基酸总量的61.34%。这说明刺通草各部位的药用氨基酸含量十分丰富,可能与药效具有一定关联性,值得进一步挖掘刺通草的功能。

表5 刺通草的呈味氨基酸、药用类氨基酸分析(mg/g)  
Table 5 Analysis of taste-active and medicinal amino acid content in *Trevesia palmata* (mg/g)

类别	花苞	嫩叶	老叶	茎皮
鲜味氨基酸	32.24	32.93	29.46	14.80
甜味氨基酸	28.94	28.98	28.32	13.39
苦味氨基酸	34.86	28.20	25.86	13.83
芳香族氨基酸	10.53	10.48	10.92	5.57
药用类氨基酸	65.37	58.92	53.18	27.67
(呈味氨基酸/TAA)%	90.12	89.58	88.45	88.30
(药用类氨基酸/TAA)%	61.34	58.57	56.24	58.14

注:鲜味类氨基酸:Lys、Glu、Asp;甜味类氨基酸:Gly、Ala、Ser、Thr、Pro、His;苦味类氨基酸:Val、Leu、Ile、Met、Arg;芳香族氨基酸:Phe、Tyr、Cys;药用氨基酸:Glu、Asp、Arg、Gly、Tyr、Met、Leu、Lys。

### 3 结论

矿物质对人体的发育、代谢、维持健康有重要作用,其中,钙是维持骨骼健康所必需的营养素,足够的钙摄入有助于预防骨质疏松等骨骼问题。刺通草含有丰富的矿物质,钙含量介于2.28%~7.28%,优于赤苍藤叶(33.5 mg/g)<sup>[19]</sup>和三七粉<sup>[24]</sup>( $3.51 \times 10^4$  mg/kg),特别是茎皮中的钙含量很丰富,可作为膳食中的重要钙来源,有助于维持身体健康。花苞的蛋白质含量丰富,达到18.60%,比赤苍藤叶(16.4 g/100 g)<sup>[19]</sup>、天麻(3.62%~7.18%)<sup>[18]</sup>高,低于黄芪种子(45.66%)<sup>[26]</sup>。蛋白质的利用率由氨基酸的构成和比例决定,当EAA比例接近FAO/WHO模式时,蛋白质利用率较高。通过分析比较,刺通草老叶和嫩叶的EAA/TAA和EAA/NEAA比值分别为40.27%、67.42%和37.92%、61.07%,接近标准(EAA/TAA为40%和EAA/NEAA为60%),符合《中国居民膳食营养素参考摄入量》的要求,表明刺通草叶的蛋白质最优,食用价值最高。综上所述,刺通草是高蛋白优质食材,可为

开发刺通草高钙高蛋白类食物提供参考。

通过对刺通草氨基酸营养价值评价,结果表明刺通草中氨基酸种类丰富,各部位氨基酸组成结构相同但含量有差异,精氨酸、谷氨酸、天冬氨酸为花苞和茎皮的主要氨基酸,谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸为嫩叶和老叶的主要氨基酸。花苞和叶的TAA含量为94.56~106.57 mg/g,接近同为刺五加科的刺五加叶<sup>[25]</sup>且含量丰富。刺通草第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸。SRC值在65%以上,说明刺通草蛋白质EAA的结构和比例合理,营养价值高。花苞和嫩叶的苦味氨基酸、鲜味氨基酸含量接近且丰富,能为刺通草增加风味。各部位药用氨基酸含量十分丰富,均占TAA含量56%以上。

本研究单纯考虑了同一自然条件下刺通草不同部位的氮、磷、钾、总灰分、蛋白质以及氨基酸种类和含量特征,未考虑刺通草膳食营养指标以及黄酮类等药用成分特征,刺通草作为野生森林蔬菜及药食两用植物,具有开发价值,在今后研究中可进一步对刺通草全株营养价值进行深度挖掘以及相关物质的生理活性研究。

### 参考文献

- [1] 任晓梅,李涛,钱文文,等.药食两用物质安全现状与研究构想[J].西部中医药,2021,(9):82-84.  
REN XM, LI T, QIAN WW, et al. Safety status and research conception of medicinal and edible substances [J]. Western J Chin Med, 2021, (9): 82-84.
- [2] 李琼超,李丽梅,白元美,等.药食两用藤药在肝病中的应用[J].中国民族民间医药,2022,(16):1-3.  
LI QC, LI LM, BAI YM, et al. Application of medicinal and edible Dai herbal medicine in liver disease [J]. Chin J Ethnomed Ethnopharm, 2022, (16): 1-3.
- [3] 牛若楠,赵庆宇婧,颜红娇,等.药食两用中药材营养成分分析[J].食品工业,2022,(11):336-341.  
NIU RN, ZHAO QYJ, YAN HJ, et al. Analyse of nutrient functional components of medicinal and food dual-use Chinese medicines [J]. Food Ind, 2022, (11): 336-341.
- [4] GONG X, JI M, XU J, et al. Hypoglycemic effects of bioactive ingredients from medicine food homology and medicinal health food species used in China [J]. Crit Rev Food Sci Nutr, 2020, 60(14): 2303-2326.
- [5] 刘春晖,杨京彪,尹仑.云南省生物多样性保护进展、成效与前瞻[J].生物多样性,2021,29(2):200-211.  
LIU CH, YANG JB, YIN L. Progress, achievements and prospects of biodiversity protection in Yunnan Province [J]. Biodiv Sci, 2021, 29(2): 200-211.
- [6] 肖文,杨旭.中国大健康面临的关键问题:能量摄入过剩和氧化炎症[J].

- 中国中药杂志, 2022, (4): 853–861.
- XIAO W, YANG X. A key issue of national health in China: Excess energy intake and oxidative inflammation [J]. *Chin J Tradit Chin Med*, 2022, (4): 853–861.
- [7] 卢志远. 龙柏和刺通草的化学成分及生物活性研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2016.
- LU ZY. Studies on The chemical constituents and bioactivities of *Sabina chinensis* cv. kaizuca and *Trevesia palmata* [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2016.
- [8] 马小军, 张丽霞, 林艳芳. 中国傣药志[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
- MA XJ, ZHANG LX, LIN YF. The local histories of Chinese Dai medicine [M]. Beijing: People's Sanitary Publishing Press, 2017.
- [9] 尹翠云, 余静, 唐德英, 等. 西双版纳傣族常用药食两用植物资源调查分析[J]. *生物资源*, 2021, (4): 341–356.
- YIN CY, YU J, TANG DY, *et al.* Investigation on the medicinal and edible plant resources of Dai nationality in Xishuangbanna [J]. *Biol Resour*, 2021, (4): 341–356.
- [10] 刘恒鹏, 夏谷平, 王磊, 等. 特色森林蔬菜刺通草扦插试验[J]. *黑龙江农业科学*, 2023, (6): 61–64.
- LIU HP, XIA GP, WANG L, *et al.* Seasonal differences and regulatory recommendations for the detection rates of pesticide residue of fruits and vegetables in Fuchuan County [J]. *Heilongjiang Agric Sci*, 2023, (6): 61–64.
- [11] 罗艳苹, 马艳芳, 汪焕芹, 等. 棱果刺通草化学成分的研究[J]. *海南师范大学学报(自然科学版)*, 2016, (4): 405–406.
- LUO YP, MA YF, WANG HQ, *et al.* Chemical constituents of *Trevesia palmata* var. *costata* [J]. *J Hainan Norm Univ (Nat Sci)*, 2016, (4): 405–406.
- [12] 陈雪林, 卢志远, 贡潘偏抽, 等. 刺通草的化学成分及其肿瘤细胞毒活性研究[J]. *天然产物研究与开发*, 2020, (11): 1882–1888.
- CHEN XL, LU ZY, GONG PPC, *et al.* Study on the chemical constituents from *Trevesia palmata* and their cytotoxicity [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2020, (11): 1882–1888.
- [13] MANOHARAN AL, JAGADEESAN G, NATARAJ G, *et al.* Efficacy of *Trevesia palmata* (roxb. Ex lindl.) Vis. extract on mg 63 cell lines and arthritis-induced animal models [J]. *J Ethnopharmacol*, 2023, 300: 115742.
- [14] KIM B, HAN JW, THI NM, *et al.* Identification of novel compounds, oleanane- and ursane-type triterpene glycosides, from *Trevesia palmata*: Their biocontrol activity against phytopathogenic fungi [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 14522.
- [15] YEN PH, DOAN VV, LIEN G, *et al.* New lupane-type and ursane-type triterpene saponins from the leaves of *Trevesia palmata* [J]. *Nat Prod Res*, 2021, 35(19): 3285–3292.
- [16] 杨晓琳, 孙好强, 何昌芬, 等. 不同产地山茱萸氨基酸含量分析及其营养价值评价[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(22): 7200–7209.
- YANG XL, SUN HQ, HE CF, *et al.* Analysis of amino acid composition and nutritional evaluation of *Corni fructus* from different habitats [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(22): 7200–7209.
- [17] 徐丽, 朱田田, 晋玲, 等. 基于感官评价和化学计量学的兰州百合品质分析[J/OL]. *食品工业科技*: 1-15. [2024-02-21]. <https://link.cnki.net/doi/10.13386/j.issn1002-0306.2023100110>
- XU L, ZHU TT, JIN L, *et al.* Comprehensive evaluation of *Lilium davidii* var. *willmottiae* (E.H. Wilson) raffill quality based on sensory evaluation and chemometrics [J/OL]. *Sci Technol Food Ind*: 1-15. [2024-02-21]. <https://link.cnki.net/doi/10.13386/j.issn1002-0306.2023100110>
- [18] 李新月, 张辰辰, 程蒙, 等. 不同规格天麻主要营养素含量分析[J/OL]. *中国中医杂志*: 1-9. [2024-02-21]. <https://link.cnki.net/doi/10.19540/j.cnki.cjcm.20240216.104>
- LI XY, ZHANG CC, CHENG M, *et al.* Main nutrients content in different specifications of *Gastrodia elata* [J/OL]. *Chin Med Magaz China*: 1-9. [2024-02-21]. <https://link.cnki.net/doi/10.19540/j.cnki.cjcm.20240216.104>
- [19] 胡真真, 史艳财, 范进顺, 等. 药食同源植物赤苍藤茎和叶成分比较研究[J]. *长江蔬菜*, 2024, (4): 47–52.
- HU ZZ, SHI YC, FAN JS, *et al.* Comparative test on stem and leaf components of medicinal and *Edibe homologus* plant of *Erythralum scandens* Bl [J]. *J Changjiang Veget*, 2024, (4): 47–52.
- [20] Energy and protein requirements: Report of a joint FAO-WHO ad hoc expert committee [Z].
- [21] ZHAO H, YANG Q. Study on influence factors and sources of mineral elements in peanut kernels for authenticity [J]. *Food Chem*, 2022, (382): 132385.
- [22] 王立会, 王康才, 钱士辉, 等. 3 种五加属植物中矿质元素及紫丁香苷分布特性研究[J]. *江西农业学报*, 2011, (2): 74–76.
- WANG LH, WANG KC, QIAN SH, *et al.* Study on distributive characteristics of mineral elements and syringin in three species in *Acanthopanax* [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2011, (2): 74–76.
- [23] 李妍, 关艳辉, 郭世贤, 等. 黑龙江省 4 种野生百合不同器官矿质元素的分析与综合评价[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2023, (11): 86–96.
- LI Y, GUAN YH, GUO SX, *et al.* Analysis and comprehensive evaluation of mineral elements in different organs of four wild lily varieties in Heilongjiang Province [J]. *J Northwest Agric Fore Univ (Nat Sci Ed)*, 2023, (11): 86–96.
- [24] 弓鹏娟. 优良景天三七品种扦插与主要营养成分分析[J]. *山东林业科技*, 2020, (3): 56–58.
- GONG PJ. Analysis of cutting propagation technique and principal nutrient components of excellent sedum aizoon variety [J]. *J Shandong Forest Sci Technol*, 2020, (3): 56–58.

- [25] 季羽,周彤,宫益霞,等. 超声破壁刺五加叶茶营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2022, (2): 177-181.  
JI Y, ZHOU T, GONG YX, *et al.* Study of the nutritional components of ultrasonically broken *Acanthopanax senticosus* leaf tea [J]. Food Res Dev, 2022, (2): 177-181.
- [26] 张晓薇,弓强,彭晓夏. 不同产地黄芪种子蛋白质和氨基酸的含量测定及营养分析[J]. 农产品加工, 2023, (12): 43-46, 49.  
ZHANG XW, GONG Q, PENG XX. Determination and nutrition analysis of protein and amino acid content of astragalus seeds from different origin [J]. Farm Prod Process, 2023, (12): 43-46, 49.
- [27] 李玖炎,雷连成,黄晶. 精氨酸代谢对肿瘤生长及肿瘤免疫的影响[J/OL]. 中国免疫学杂志: 1-34. [2024-03-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/22.1126.R.20221031.1802.002.html>  
LI JY, LEI LC, HUANG J. The effect of arginine metabolism on tumor growth and tumor immunity [J/OL]. Chin J Immunol: 1-34. [2024-03-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/22.1126.R.20221031.1802.002.html>
- [28] 朱会丽,杨静,马欢,等. 不同品种山药氨基酸组成成分分析及综合评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(3): 293-300.  
ZHU HL, YANG J, MA H, *et al.* Composition analysis and comprehensive evaluation of amino acids in different varieties of Chinese yams [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(3): 293-300.
- [29] 彭佳佳,张小军,田鑫,等. 核桃内种皮游离氨基酸呈味特征及其营养评价[J]. 食品工业科技, 2023, 44(22): 226-232.  
PENG JJ, ZHANG XJ, TIAN X, *et al.* Study on flavor characteristics and nutritional evaluation of free amino acids in walnut pellicle [J]. Sci Technol Food Ind, 2023, 44(22): 226-232.
- [30] 张可为,魏元皓,王婷,等. 两样本孟德尔随机化研究血浆中亮氨酸、异亮氨酸以及缬氨酸跟帕金森病的因果关系[J]. 哈尔滨医科大学学报, 2023, (6): 690-695.  
ZHANG KW, WEI YH, WANG T, *et al.* Causal association between plasma leucine, isoleucine and value and Parkinson's disease: a two sample Mendelian randomization study [J]. J Harbin Med Univ, 2023, (6): 690-695.

(责任编辑:于梦娇 张晓寒)

### 作者简介



陈玉芹, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品质量与安全。  
E-mail: 15987146028@163.com



赵成法, 博士, 助理研究员, 硕士生导师, 主要研究方向为高原特色农业资源开发利用。  
E-mail: zhaocf@eastern-himalaya.cn