

马关县不同产地草果氨基酸组成与分析

陈玉芹¹, 史文斌¹, 褚勇², 沐远³, 李永生², 王江全², 赵成法^{3*}

(1. 云南省德宏热带农业科学研究所检测中心, 瑞丽 678600; 2. 福贡县农业农村局, 福贡 673400;
3. 大理大学东喜玛拉雅研究院, 大理 671000)

摘要: **目的** 研究马关县不同产地草果中氨基酸含量与组成。**方法** 样品经酸水解法处理后, 使用 Biochrom 30+型全自动氨基酸分析仪测定其含量, 分析 5 个乡镇产草果中的总氨基酸、必需氨基酸评分、氨基酸比值系数和比值系数分, 与世界卫生组织和联合国粮农组织建议的氨基酸评分标准模式进行对比, 评价草果果实的营养价值。**结果** 草果 M2、M3、M5 检出 17 种氨基酸和 7 种必需氨基酸; 草果 M1、M4 检出 16 种氨基酸, 未检出蛋氨酸。草果总氨基酸含量为 36.02~45.79 mg/g, 必需氨基酸含量为 13.21~16.42 mg/g, 以谷氨酸(6.67 mg/g)、天冬氨酸(4.72 mg/g)含量较高。氨基酸比值系数法显示草果中蛋氨酸+胱氨酸、赖氨酸均为不足, 亮氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、缬氨酸均为过剩, 第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸。草果中呈味类氨基酸和药用氨基酸含量丰富, 分别占总氨基酸的 89%、64%。氨基酸比值系数分显示草果 M2 得分最高, 为 65.40。**结论** 草果氨基酸含量丰富且以谷氨酸、天冬氨酸含量较高。综合分析以马关县八寨镇田中村种植的草果蛋白质中氨基酸营养价值较高。

关键词: 草果; 氨基酸; 比较分析

Amino acid composition and analysis of *Amomum tsaoko* from different producing areas in Maguan County

CHEN Yu-Qin¹, SHI Wen-Bin¹, CHU Yong², MU Yuan³, LI Yong-Sheng²,
WANG Jiang-Quan², ZHAO Cheng-Fa^{3*}

(1. Testing Center, Dehong Tropical Agriculture Research Institute of Yunnan, Ruili 678600, China; 2. Fugong Bureau of Agriculture and Rural Areas, Fugong 673400, China; 3. Institute of Eastern-Himalaya Biodiversity Research, Dali University, Dali 671000, China)

ABSTRACT: Objective To study the content and composition of amino acids in *Amomum tsaoko* from different areas in Maguan County. **Methods** After the samples were treated by acid hydrolysis method, the content was determined by Biochrom 30+ full-automatic amino acid analyzer, and the total amino acids, essential amino acid scores, amino acid ratio coefficients and ratio coefficient scores of *Amomum tsaoko* produced in 5 townships were analyzed. The nutritional value of *Amomum tsaoko* was evaluated by comparing them with the amino acid scoring standard mode recommended by the World Health Organization and the Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Results** The 17 kinds of amino acid and 7 kinds of essential amino acid were detected in M2, M3

基金项目: 云南省科技厅科技计划项目(基础研究专项 202101AU070141)

Fund: Supported by the Science and Technology Project of Yunnan Science and Technology Department (Basic Research Special Projects 202101AU070141)

*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

and M5, while 16 kinds of amino acid in M1 and M4, with no methionine were found. The content of total amino acids was ranged from 36.02 to 45.79 mg/g, with essential amino acids from 13.21 to 16.42 mg/g, among which the glutamic acid (6.67 mg/g) and aspartic acid (4.72 mg/g) were the higher. The amino acid ratio coefficients showed that methionine+cystine, lysine were insufficient, while leucine, phenylalanine+tyrosine, valine were excessive, the first limiting amino acid was methionine+cystine. The content of flavorful amino acids and medicinal amino acids was abundant, whose proportion were 89% and 64% of total amino acids, respectively. The amino acid ratio coefficient scores showed that M2 was the highest (65.40) among all groups. **Conclusion** The *Amomum tsaoko* is rich in amino acids with glutamic acid and aspartic acid much higher. According to the comprehensive analysis, growing in Tianzhong Village, Bazhai Town, Maguan County has the higher amino acid nutritional value.

KEY WORDS: *Amomum tsaoko*; amino acids; comparison and analysis

0 引言

草果(*Amomum tsaoko*)是一种姜科(Zingiberaceae)豆蔻属(*Amomum*)多年生草本植物, 主要分布在云南、贵州、广西等省份^[1]。云南草果产量约占全国总产量的 90%, 尤其以红河州、怒江州、文山州种植面积最大。特别是近年来, 伴随着国家乡村振兴产业的号召, 云南多地把草果产业作为山区群众增加经济收入、促进农村经济发展的重要支柱产业来培育和发展, 努力将草果打造成具有地方特色的农产品, 为种植户增加收入来源^[2]。其中, 文山州马关县因栽培草果历史最长, 迄今已有 300 多年的历史而被誉为“中国草果之乡”^[3]。

草果作为一种传统的中药材和膳食香料^[4], 在《本草纲目》上记载其味辛性温、属脾胃经^[5]。作为中药材, 草果可以治疗脘腹胀痛、痞满呕吐、疟疾寒热、瘟疫发热等症状^[6]; 作为香料, 草果具有特殊浓郁的辛辣香味, 去腥除膻, 增进菜肴味道, 烹制鱼类和肉类时加入草果, 其味更佳, 是烹调佐料中的佳品, 被誉为食品调味中的“五香之一”^[7]。近年来, 随着市场对草果的需求量逐渐加大, 草果也从炮制单一的加工方式逐渐精深加工成果果酱、草果酒、泡草果等 10 余种新产品^[8]。

目前, 草果的研究主要集中在草果芳香挥发油提取与分析^[9-12]、化学成分^[13-14]、药理作用^[5, 15-18]、抗氧化性^[7, 19-22]等方面, 涉及果实营养品质研究报道极少。蛋白质是草果的主要营养成分, 而氨基酸在蛋白质的合成及功能发挥过程中具有重要作用^[23], 会直接影响蛋白质的合成^[24], 且氨基酸的组成和比例是衡量食品营养价值的重要指标之一^[25]。因此本研究采用全自动氨基酸分析仪对文山州马关县夹寒箐镇、八寨镇、仁和镇、田中村、箐厂乡 5 个不同乡镇产草果果实的氨基酸、呈味氨基酸和药用氨基酸组分进行分析, 采用氨基酸评分(amino acid score, AAS)法、氨基酸比值系数(amino acid ratio coefficients, RC)、氨基酸比值系数分(amino acid ratio coefficient scores, SRC)等营养学方法评价氨基酸营养价值, 以期评估草果的基本食用价值、新产品研发及优良种质资源的筛选提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 实验材料

草果鲜果实验样品采摘自马关县各乡镇, 具体信息见表 1。果实 60℃烘干, 用药材粉碎机进行粉碎过 60 目筛, 置于干燥器中备用。

表 1 草果样品信息
Table 1 Information of *Amomum tsaoko* samples

编号	来源	果形	果形特征	土壤 pH
草果 M1	马关县大栗树乡仁和镇腻坡	椭圆形	果实饱满、红色、褐红色	6.7
草果 M2	马关县八寨镇田中村	椭圆形	果实较饱满、褐红色	5.8
草果 M3	马关县箐厂乡夹寒箐镇龙寨树	椭圆形	果实较饱满、红色、棕红色	7.3
草果 M4	马关县八寨镇马主箐头	圆形	果实饱满、红色、褐红色	6.9
草果 M5	马关县箐厂乡桂皮山	椭圆形	果实较饱满、红色、棕红色	6.3

1.2 仪器设备与试剂

1.2.1 仪器设备

ME204 型万分之一电子分析天平(上海恒勤仪器设备有限公司); G2X-9240MBE 型电热鼓风干燥箱(上海博讯实业有限公司医疗设备厂); HHS 型电热恒温水浴锅(上海博讯实业有限公司医疗设备厂); Biochrom 30+型全自动氨基酸分析仪[大昌洋行(上海)有限公司]; LLJ-A12A1 药材粉碎机(小熊电器股份有限公司)。

1.2.2 试剂

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

1.3 实验方法

称取 0.2 g(精确到 0.0001 g)置于 10.0 mL 安剖瓶中,加入 10.0 mL 6 mol/L 盐酸溶液,将安剖瓶放入-20℃冰箱冷冻 3~5 min,用酒精喷灯封口后放入(110±1)℃恒温干燥箱内水解 22 h,冷却至室温,将水解液转移至 50 mL 容量瓶内,用少量去离子水多次冲洗,水洗液一并转移至容量瓶内,定容,摇匀。准确吸取 2.0 mL 滤液置于蒸发皿中 60℃水浴干燥,待液体快蒸干再加入 1.0 mL 去离子水,重复操作 3 次,蒸干。加入 2.0 mL pH 2.2 稀释液,混匀后过 0.45 μm 滤膜,滤液为待测液。

1.4 营养评价

根据氨基酸比值系数法,将草果中氨基酸组成与世界卫生组织(World Health Organization, WHO)和联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization, FAO) 1973 年建议的每克氮氨基酸评分标准模式(g/kg, 干基)^[26]进行对比,通过公式(1)、(2)、(3)分别计算必需氨基酸的 AAS、RC、SRC,评价草果果实的营养价值。

$$\text{AAS}/\% = \frac{\text{样品蛋白质EAA含量}}{\text{WHO/FAO模式中相应EAA含量}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{RC} = \frac{\text{AAS}}{\text{AAS平均值}} \quad (2)$$

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

式中,RC 为氨基酸比值系数均值; n 为必需氨基酸数量;EAA 为必需氨基酸(essential amino acid)。

1.5 数据统计分析

实验重复测定 3 次,采用 Execl 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、相关性分析,Origin Pro 2018 作图。

2 结果与分析

2.1 草果氨基酸组成分析

氨基酸是生物体内不可缺少的营养成分之一,长期摄入富含亮氨酸的必需氨基酸与运动有协同作用,对抗骨骼肌减少症有显著作用^[24]。由表 2 可知,马关县不同产地草果 M2、M3、M5 均检测出 17 种氨基酸和 7 种必需氨基酸;草果 M1、M4 检出 16 种氨基酸,未检出蛋氨酸,这可能是草果 M1 和 M4 样品中蛋氨酸含量很低,经酸水解后损失。氨基酸中谷氨酸和天冬氨酸在 5 个产地草果中较高,草果 M1 的谷氨酸、天冬氨酸明显低于其余 4 个产地。马

表 2 草果氨基酸组成及含量(mg/g)

Table 2 Amino acid composition and content of *Amomum tsaoko* (mg/g)

分类	氨基酸名称	草果 M1	草果 M2	草果 M3	草果 M4	草果 M5	均值
EAA	苏氨酸	1.81±0.08 ^a	2.02±0.08 ^c	1.91±0.06 ^{abc}	1.87±0.06 ^{ab}	1.96±0.10 ^{bc}	1.92
	蛋氨酸	0±0 ^a	0.60±0.06 ^c	0.26±0.05 ^b	0±0 ^a	0.27±0.04 ^b	0.23
	缬氨酸	2.77±0.06 ^a	3.17±0.06 ^c	3.01±0.10 ^b	3.86±0.06 ^d	3.05±0.10 ^{bc}	3.17
	异亮氨酸	1.76±0.06 ^a	2.14±0.10 ^c	1.95±0.08 ^b	2.95±0.07 ^d	1.83±0.05 ^{ab}	2.13
	亮氨酸	3.29±0.08 ^a	4.16±0.11 ^d	3.96±0.07 ^c	3.17±0.04 ^a	3.66±0.07 ^b	3.65
	苯丙氨酸	2.54±0.10 ^{bc}	2.68±0.09 ^c	2.58±0.08 ^{bc}	2.26±0.07 ^a	2.44±0.10 ^b	2.50
	赖氨酸	1.04±0.07 ^a	1.64±0.06 ^d	1.50±0.06 ^c	1.20±0.07 ^b	1.49±0.10 ^c	1.38
NEAA	丝氨酸	2.03±0.07 ^a	2.20±0.09 ^b	2.06±0.05 ^a	2.43±0.04 ^c	2.11±0.03 ^{ab}	2.17
	谷氨酸	4.91±0.07 ^a	7.47±0.08 ^d	6.73±0.09 ^c	7.70±0.10 ^c	6.51±0.11 ^b	6.67
	甘氨酸	2.31±0.10 ^a	2.49±0.09 ^{bc}	2.26±0.11 ^a	2.58±0.04 ^c	2.39±0.08 ^{ab}	2.41
	丙氨酸	2.33±0.08 ^a	2.85±0.07 ^c	2.54±0.08 ^b	2.38±0.06 ^b	2.66±0.06 ^b	2.55
	胱氨酸	0.32±0.07 ^a	0.25±0.04 ^a	0.27±0.05 ^a	0.32±0.04 ^a	0.32±0.04 ^a	0.30
	天冬氨酸	4.40±0.09 ^a	4.97±0.08 ^d	4.55±0.07 ^b	4.93±0.07 ^d	4.72±0.07 ^c	4.72
	酪氨酸	1.83±0.08 ^c	1.60±0.09 ^b	1.54±0.09 ^a	1.77±0.08 ^c	1.41±0.10 ^a	1.63
	组氨酸	0.86±0.06 ^a	1.26±0.08 ^c	1.06±0.05 ^b	1.47±0.04 ^d	1.06±0.05 ^b	1.14
	精氨酸	2.24±0.07 ^a	4.36±0.06 ^d	4.05±0.06 ^c	4.14±0.06 ^c	3.63±0.08 ^b	3.68
	脯氨酸	1.58±0.12 ^a	1.91±0.11 ^b	1.74±0.10 ^{ab}	1.87±0.09 ^b	1.56±0.07 ^a	1.73
	TAA	36.02±0.32 ^a	45.79±0.34 ^c	41.98±0.84 ^b	44.91±0.36 ^c	41.07±0.90 ^b	
	EAA	13.21±0.29 ^a	16.42±0.04 ^c	15.17±0.22 ^b	15.32±0.28 ^b	14.71±0.55 ^b	
	NEAA	22.81±0.54 ^a	29.37±0.31 ^c	26.81±0.62 ^b	29.59±0.09 ^c	26.36±0.36 ^b	

注: TAA—总氨基酸(total amino acid); EAA—必需氨基酸(essential amino acid); NEAA—非必需氨基酸(non-essential amino acid)。同行不同字母表示差异显著($P<0.05$), 相同字母表示差异不显著($P>0.05$), 下同。

关县草果中谷氨酸(6.67 mg/g)、天冬氨酸(4.72 mg/g)高于盈江县草果谷氨酸(2.41 g/kg)、天冬氨酸(1.78 g/kg)^[27-28]。而谷氨酸和天冬氨酸是鲜味氨基酸中的特征氨基酸, 是植物中重要的鲜味物质, 使得草果口感鲜美。

草果 M1 的 TAA、EAA、NEAA 均显著低于其余 4 个产地草果, 最高和最低分别为草果 M1 (36.02、13.21、22.81 mg/g)和草果 M2 (45.79、16.42、29.37 mg/g), TAA 和 EAA 由高到低排序均为草果 M2>M4>M3>M5>M1。草果中含有丰富的 EAA, 以亮氨酸含量最高, 达 3.65 mg/g。草果 M1 的亮氨酸(3.29 mg/g)与草果 M4 (3.17 mg/g)相差不大, 且显著低于草果 M2 (4.16 mg/g)、M3 (3.96 mg/g)、M5 (3.66 mg/g)。

2.2 草果果实氨基酸营养评价

2.2.1 EAA 营养价值评价

依据 FAO/WHO 提出的蛋白质理想模式为 EAA/TAA 比值为 40%、EAA/NEAA 比值为 60%, 此时蛋白营养价值越接近人体需要氨基酸比例, 质量也越优。由图 1 可看出, 草果 M1 的 EAA/TAA 比值(36.68%)最接近 40%, EAA/NEAA 比值(57.95%)最接近 60%, 说明草果 M1 单个的氨基酸含量上虽低于其余草果, 但 EAA 比例均衡且蛋白质氨基酸组成相对最接近蛋白质理想模式。而草果 M1、M2、M3、M5 的 EAA/TAA 和 EAA/NEAA 比值显著高于草果 M4, 其余草果无显著差异, 这说明草果 M1、M2、M3、M5 的蛋白营养价值均接近人体需要的氨基酸比例, 其质量均优于 M4 草果。

2.2.2 氨基酸评分及比值系数分

RC 反映食物中氨基酸组成含量与氨基酸模式的偏离程度, RC>1, 表示相对过剩; 若 RC<1, 表示相对缺乏; RC 最小者为限制性氨基酸。SRC 表示食物蛋白质的相对营养价值, SRC 越接近 100, 表明 EAA 在氨基酸生理平衡方面所

做的贡献越大, 营养价值越高^[29]。根据 EAA 的 AAS、RC、SRC 可以对草果的蛋白营养价值进行直观地评价。从表 3 可知, 草果 M2 的 AAS 高于其他草果。草果 M1、M2、M3、M5 的苯丙氨酸+酪氨酸 RC 最高, 草果 M4 异亮氨酸 RC 最高。5 个产地草果样品中蛋氨酸+胱氨酸、赖氨酸相对缺乏, 分别为第一限制性氨基酸、第二限制性氨基酸; 亮氨酸、苯丙氨酸+酪氨酸、缬氨酸相对过剩; 异亮氨酸、苏氨酸相对均衡。草果的 SRC 值介于 46.49~65.40, 平均值为 55.96, 高于花椒(48.54)^[30], 这说明马关县草果的蛋白质中氨基酸营养价值比同为香料的花椒高。草果 M2 的 SRC 值(65.40)最高, 营养价值相对最高, M4 的 SRC 值(46.49)最低, 这说明马关县不同产地草果的蛋白质氨基酸营养价值略有差异。草果 SRC 值排序为草果 M2>M5>M3>M1>M4。这表明草果 M2 作为新产品开发具有相对较高的蛋白质营养价值。

2.2.3 呈味氨基酸及药用类氨基酸的组成分析

氨基酸在食品的色、香、味等方面具有重要作用^[25], 甘氨酸具有甜味和营养源的双重功能, 被广泛用于调味品中。由表 4 可以看出, 草果的呈味氨基酸占总氨基酸 89%, 草果 M2 呈味类氨基酸含量最高。草果 M1 中甜味氨基酸最丰富, 草果 M2、M3、M4 中均是苦味类氨基酸最丰富, 草果 M5 中鲜味类氨基酸最丰富, 草果芳香族氨基酸含量差异不大, 为 4.17~4.70 mg/g。草果 M1 的呈味类氨基酸显著低于其余草果, 草果独特的气味可能与呈味类氨基酸有关。草果药用氨基酸占总氨基酸含量的 64%, 与石斛(63.79%)、枸杞(60%)、党参(57.88%~72.63%)^[31]接近, 是一种高药用价值的植物来源。草果的药用氨基酸含量存在显著差异, 其中, 草果 M3、M4 和 M1、M2、M5 有显著差异, 草果 M1、M2、M5 间有显著差异, 草果 M2 的含量最高, 达 29.99 mg/g, 由高到低排序为草果 M2>M4>M3>M5>M1。

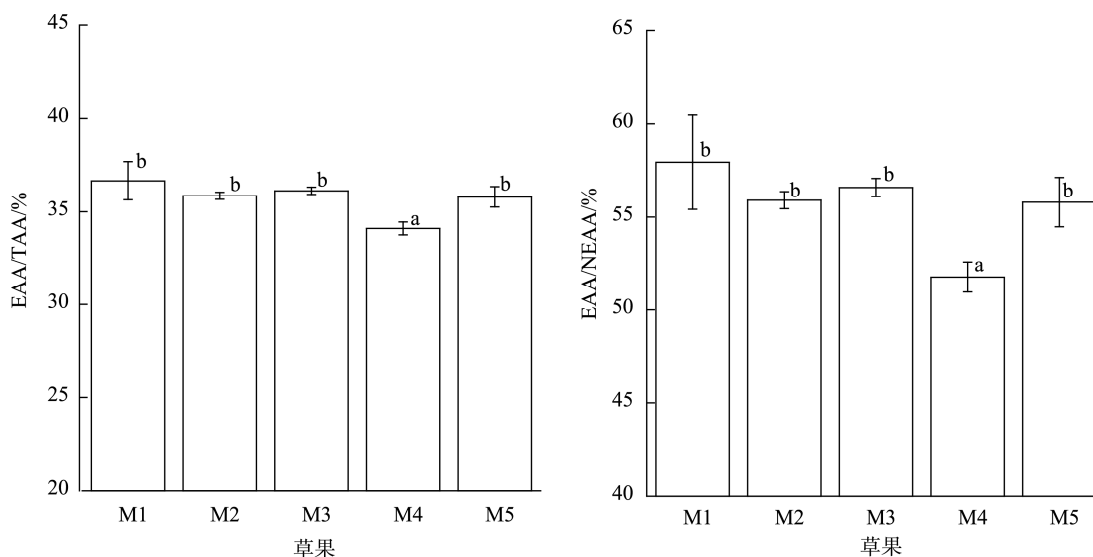


图 1 必需氨基酸含量比例分析

Fig.1 Essential amino acid content ratio analysis

表 3 草果必需氨基酸的 AAS、RC、SRC
Table 3 AAS, RC and SRC of essential amino acids in *Amomum tsaoko*

氨基酸	草果 M1		草果 M2		草果 M3		草果 M4		草果 M5	
	AAS	RC	AAS	RC	AAS	RC	AAS	RC	AAS	RC
异亮氨酸	4.40	1.05	5.33	1.06	4.93	1.06	7.43	1.52	4.55	1.01
亮氨酸	4.70	1.12	5.97	1.19	5.69	1.23	4.53	0.93	5.24	1.16
赖氨酸	1.89	0.45	2.96	0.59	2.71	0.58	2.20	0.45	2.71	0.60
蛋氨酸+胱氨酸	0.89	0.21	2.46	0.49	1.51	0.33	0.89	0.18	1.69	0.37
苯丙氨酸+酪氨酸	7.28	1.74	7.15	1.42	6.90	1.49	6.75	1.38	6.42	1.42
苏氨酸	4.53	1.08	5.00	0.99	4.75	1.02	4.73	0.97	4.90	1.08
缬氨酸	5.54	1.33	6.36	1.26	6.00	1.29	7.70	1.57	6.12	1.35
SRC	46.96		65.40		59.40		46.49		61.53	

表 4 草果的呈味氨基酸、药用类氨基酸分析(mg/g)
Table 4 Analysis of taste-active and medicinal amino acid content in *Amomum tsaoko* (mg/g)

类 别	草果 M1	草果 M2	草果 M3	草果 M4	草果 M5
鲜味类氨基酸	10.36±0.15 ^a	14.08±0.07 ^c	12.78±0.09 ^b	13.83±0.23 ^c	12.72±0.27 ^b
甜味类氨基酸	10.91±0.28 ^a	12.74±0.18 ^c	11.58±0.34 ^b	12.6±0.02 ^c	11.73±0.15 ^b
苦味类氨基酸	10.05±0.12 ^a	14.43±0.03 ^d	13.23±0.36 ^c	14.13±0.03 ^d	12.45±0.33 ^b
芳香族氨基酸	4.70±0.10 ^c	4.53±0.21 ^{bc}	4.39±0.06 ^{ab}	4.35±0.12 ^{ab}	4.17±0.16 ^a
药用类氨基酸	22.57±0.30 ^a	29.99±0.02 ^d	27.45±0.39 ^c	27.75±0.25 ^c	26.53±0.72 ^b
(呈味类氨基酸/TAA)%	89				
(药用类氨基酸/TAA)%	64				

注: 鲜味类氨基酸: 赖氨酸、谷氨酸、天冬氨酸; 甜味类氨基酸: 甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、脯氨酸、组氨酸; 苦味类氨基酸: 缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸、精氨酸; 芳香族氨基酸: 苯丙氨酸、酪氨酸、胱氨酸; 药用氨基酸: 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。

2.3 相关性分析

由表 5 可知, 草果必需氨基酸间具有一定的相关性, 其中, 缬氨酸与异亮氨酸呈极显著正相关, 相关系数为 0.967, 与苯丙氨酸呈显著负相关; 蛋氨酸与苏氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.779、0.912、0.610、0.893。这表明加大草果样本量测定可进行主成分分析, 挖掘几个较少的综合变量反映原来变量的信息。

土壤 pH 对植物生长发育有重要作用, 主要影响植物外观形态、物质代谢、生长发育以及品质、产量等方面。

马关县草果不同产地采样点的土壤 pH 分别为 6.7、5.8、7.3、6.9、6.3, 产地 pH 为 5.8 的草果 M2 蛋白质营养价值最高, 通过对土壤 pH 与氨基酸进行相关性分析可知(表 6), 土壤 pH 与蛋氨酸、丙氨酸呈极显著负相关, 相关系数分别为 -0.650、-0.691, 说明土壤 pH 越高, 草果中的蛋氨酸、丙氨酸含量就会降低, 从采样点 pH 来看, 草果种植在偏弱酸性土壤可能更有利于草果蛋白质氨基酸的积累。有研究表明, 温度、日照、土壤等条件都会影响植物中营养物质的含量^[32], 土壤 pH 与草果中氨基酸含量积累关系还有待进一步研究。

表 5 必需氨基酸间相关性
Table 5 Correlation of essential amino acids

必需氨基酸	缬氨酸	蛋氨酸	异亮氨酸	苏氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	赖氨酸
缬氨酸	1.000	-0.163	0.967**	0.145	-0.320	-0.631*	-0.033
蛋氨酸		1.000	-0.244	0.779**	0.912**	0.610**	0.893**
异亮氨酸			1.000	-0.009	-0.358	-0.577*	-0.156
苏氨酸				1.000	0.632*	0.380	0.770**
亮氨酸					1.000	0.733**	0.862**
苯丙氨酸						1.000	0.465*
赖氨酸							1.000

注: **为极显著相关,*为显著相关,下同。

表 6 土壤 pH 与氨基酸的相关性
Table 6 Correlation between pH value and amino acids in soil

名称	相关系数	名称	相关系数	名称	相关系数
苏氨酸	-0.505	赖氨酸	-0.435	胱氨酸	0.156
缬氨酸	0.102	丝氨酸	-0.030	酪氨酸	0.246
蛋氨酸	-0.650**	谷氨酸	-0.154	组氨酸	-0.086
异亮氨酸	0.170	甘氨酸	-0.331	精氨酸	-0.132
亮氨酸	-0.368	丙氨酸	-0.691**	脯氨酸	-0.109
苯丙氨酸	-0.314	天冬氨酸	-0.472		

3 结 论

草果中氨基酸种类丰富, 本研究中有 3 个产地草果至少含有 17 种氨基酸, 两个产地至少含有 16 种氨基酸, 药用氨基酸包含谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、甘氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、赖氨酸且含量丰富, 占总氨基酸 64%, 其中天冬氨酸、谷氨酸、亮氨酸、精氨酸含量较高, 说明草果具有氨基酸药用方面的价值开发。草果中呈味类氨基酸含量丰富, 约占 TAA 的 89%, 草果 M2 的呈味类氨基酸含量最高, 草果风味产品开发潜力也很大。草果的必需氨基酸比例均低于 FAO/WHO 提出的理想蛋白模式的要求, 但 M1、M2、M3、M5 的蛋白营养价值均优于草果 M4。RC 法表明草果第一限制性氨基酸为蛋氨酸+胱氨酸。SRC 显示草果 M2 得分(65.40)最高, 优于其余 4 种草果。

氨基酸含量积累受土壤 pH 影响, 特别是蛋氨酸和丙氨酸与土壤 pH 呈极显著负相关, pH 越高可能越不利于草果氨基酸的积累, 可以进一步研究土壤 pH 与草果中氨基酸含量积累关联性。草果不仅可作为香料调味品, 具有优良蛋白的草果种质还可作为一种新型植物蛋白源, 为其他新型产品开发提供思路。本研究选择的样品产地主要为马关县, 且数量样品少并不能代表当地的草果品质, 所以在今后需进一步加大采样量和范围, 探讨草果的氨基酸品质, 为草果种质评价和优良品种选育提供更多数据支持。

参考文献

- [1] 许倬卉. 草果生态适宜性区划及产地评价研究[D]. 昆明: 云南中医药大学, 2021.
XU ZH. Study on ecological suitability regionalization and origin evaluation of *Amomum tsaoko* [D]. Kunming: Yunnan University of Traditional Chinese Medicine, 2021.
- [2] 沈绍斌. 云南: 草果特色产业发挥扶贫大作用[J]. 中国农村科技, 2020, (7): 42-43.
SHEN SB. Yunnan: The characteristic industry of grass and fruit plays a big role in poverty alleviation [J]. Rur Sci Technol Chin, 2020, (7): 42-43.
- [3] 李国栋, 田星, 赵小丽, 等. 基于 SSR 分子标记的草果栽培起源分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2021, 29(6): 660-668.
LI GD, TIAN X, ZHAO XL, et al. Analysis of cultivation origin of *Amomum tsaoko* based on SSR marker [J]. J Trop Subtrop Bot, 2021, 29(6): 660-668.
- [4] 尚明越, 王嘉乐, 代国娜, 等. 草果化学成分、药理作用、临床应用研究进展及质量标志物预测分析[J]. 中草药, 2022, 53(14): 1-18.
SHANG MY, WANG JL, DAI GN, et al. A review on chemical constituents, pharmacological effects, and clinical applications of *Tsaoko* fruits and predictive analysis of its Q-Markers [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2022, 53(14): 1-18.
- [5] LIU JZ, LYU HC, FU YJ, et al. *Amomum tsaoko* essential oil, a novel anti-COVID-19 omicron spike protein natural products: A computational study [J]. Arab J Chem, 2022, 15(7): 103916.
- [6] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010.
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2010.
- [7] 杜丽霞, 姜子涛, 周炬. 调味香料草果中多酚类化合物抗氧化活性成分的快速筛选[J]. 中国调味品, 2022, 47(5): 84-88.
DU LX, JIANG ZT, ZHOU X. Rapid screening of antioxidant active components of polyphenols in spice *Amomum tsaoko* [J]. China Cond, 2022, 47(5): 84-88.
- [8] 农业农村部发展规划司. 云南省怒江州“草果长廊”花满山坡[J]. 农村工作通讯, 2020, (23): 54-55.
Development Planning Division of the Ministry of Agriculture and Rural Areas. Flower-covered hillside of “Cao-guo corridor” in Nujiang Prefecture, Yunnan Province [J]. Rur Work Comm, 2020, (23): 54-55.
- [9] 迟玉广, 李中阳, 黄爱华, 等. 不同炮制方法对草果中挥发性成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(6): 175-177.
CHI YG, LI ZY, HUANG AIH, et al. Effects of different processing methods on volatile components in fruit of grass [J]. J Anhui Agric Sci, 2021, 49(6): 175-177.
- [10] 许倬卉, 杨绍兵, 杨天梅, 等. 不同干燥程度草果果实形态及种仁挥发油的变化规律[J]. 中国调味品, 2021, 46(10): 21-26.
XU ZH, YANG SB, YANG TM, et al. The changes of fruit morphology of *Amomum tsaoko* with different drying degrees and volatile oil of seed kernel [J]. China Cond, 2021, 46(10): 21-26.
- [11] 林毅, 黄梅, 吴桂苹, 等. 不同方法提取草果油脂及其成分分析[J]. 现代食品科技, 2022, 38(2): 206-217.
LIN Y, HUANG M, WU GP, et al. Different methods for extracting oleosin from *Amomum tsaoko* and its composition analysis [J]. Mod Food Sci Technol, 2022, 38(2): 206-217.
- [12] 张天磊, 吉训志, 庞永青, 等. 云南怒江不同海拔地区草果挥发性物质成分鉴定与分析[J]. 热带农业科学, 2022, 42(2): 84-90.
ZHANG TL, JI XZ, PANG YQ, et al. Identification and analysis of volatile compounds from *Amomum tsaoko* in the areas of different elevations in

- Nujiang, Yunnan [J]. *J Trop Agric*, 2022, 42(2): 84–90.
- [13] 覃慧薇, 杨绍兵, 杨美权, 等. 拟草果果壳和种仁的化学成分研究[J]. *中药材*, 2021, (12): 2852–2857.
- QIN HW, YANG SB, YANG MQ, *et al.* Study on the chemical constituents of fruit shell and seed kernel of *Paederia chinensis* [J]. *Chin Med Mat*, 2021, (12): 2852–2857.
- [14] 陈淑霞. 芳香中药草果中萜类成分及生物活性研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021.
- CHEN SX. Study on terpenoids and biological activity of fructus herba [D]. Kunming: Kunming University of Technology, 2021.
- [15] YANG S, XUE Y, CHEN D, *et al.* *Amomum tsaoko* Crevost & Lemarié: A comprehensive review on traditional uses, botany, phytochemistry, and pharmacology [J]. *Phychem Rev*, 2022. DOI: 10.1007/s11101-021-09793-x
- [16] 赵汉斌. 中药草果中发现新型降糖活性成分[J]. *老同志之友*, 2021, (6): 47.
- ZHAO HB. A new hypoglycemic active ingredient was found in herba fruiting [J]. *Old Friend*, 2021, (6): 47.
- [17] 唐志凌, 赵明明, 陈靖潼, 等. 草果提取物对大肠杆菌和沙门氏菌抑菌机理研究[J]. *中国调味品*, 2021, 46(2): 50–54.
- TANG ZL, ZHAO MM, CHEN JT, *et al.* The antimicrobial mechanisms of *Amomum tsaoko* extracts against *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* [J]. *China Cond*, 2021, 46(2): 50–54.
- [18] 解立斌, 陈佳, 尉慧栋, 等. 草果甲醇溶出物抑制 α -葡萄糖苷酶活性及调节血糖作用[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(8): 382–388.
- XIE LB, CHEN J, JU HD, *et al.* Inhibition of α -glucosidase activity and regulation of blood glucose by methanol extracts from *Amomum tsaoko* [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2022, 43(8): 382–388.
- [19] ZHANG X, TANG Y, GUAN X, *et al.* Flavonoid constituents of *Amomum tsaoko* Crevost et Lemarié and their antioxidant and antidiabetic effects in diabetic rats-*in vitro* and *in vivo* studies [J]. *Food Funct*, 2021. DOI: 10.1039/D1FO02974F
- [20] 黄比翼, 陈石梅, 黄锁义, 等. 不同极性溶剂的草果提取物抗氧化活性研究[J]. *右江民族医学院学报*, 2021, 43(1): 37–40.
- HUANG BY, CHEN SM, HUANG SY, *et al.* Studies on antioxidant activity of *Amomum tsaoko* extracts with different polar solvents [J]. *J Youjiang Med Univ Nat*, 2021, 43(1): 37–40.
- [21] 罗金龙, 潘真真, 李芳婵, 等. 响应面法优化草果黄酮的提取工艺及其抗氧化性能研究[J]. *大众科技*, 2021, 23(9): 82–86.
- LUO JL, PAN ZZ, LI FC, *et al.* Study on optimization of extraction process and antioxidant properties of flavonoids from *Amomum tsaoko* by response surface methodology [J]. *Pop Sci Technol*, 2021, 23(9): 82–86.
- [22] 师聪, 宫号, 李茹, 等. 草果不同极性萃取物总黄酮、总多酚含量与其抗氧化活性的相关性[J]. *化学试剂*, 2022, 44(1): 84–89.
- SHI C, GONG H, LI R, *et al.* Correlation between the content total flavonoids and total polyphenols in *Amomum tsaoko* with different polar extracts and their antioxidant activities [J]. *Cheml Reag*, 2022, 44(1): 84–89.
- [23] GIBBS CA, WEBER DS, WARREN JJ. Clustering of aromatic amino acid residues around methionine in proteins [J]. *Biomolecules*, 2021, 12(1): 1–5.
- [24] KOBAYASHI H. Amino acid nutrition in the prevention and treatment of sarcopenia [J]. *Yakugaku Zasshi*, 2018, 138(10): 1277–1283.
- [25] 刘振艳, 关宏, 朱金峰, 等. 不同品种鲜食梨的氨基酸组成特征及其营养评价[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(11): 3541–3548.
- LIU ZY, GUAN H, ZHU JF, *et al.* Amino acid composition characteristics and nutritional evaluation of different table *Pyrus spp varieties* [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(11): 3541–3548.
- [26] Food and Agriculture Organization/World Health Organization. Energy and protein requirements [Z].
- [27] 普岳红, 杨永红, 吴德喜, 等. 云南盈江县不同产地草果氨基酸和矿物质营养成分分析[J]. *亚热带植物科学*, 2015, 44(4): 293–296.
- PU YH, YANG YH, WU DX, *et al.* Analysis of amino acids and mineral nutrients in fruits from different habitats in Yingjiang County, Yunnan Province [J]. *Subtrop Plant Sci*, 2015, 44(4): 293–296.
- [28] 杨旭昆, 汪禄祥, 叶艳萍, 等. 7 种云南产核桃中 17 种氨基酸含量测定与必需氨基酸模式分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 11(6): 1889–1894.
- YANG XK, WANG LX, YE YP, *et al.* Quantitative determination of 17 kinds of amino acids and pattern analysis of essential amino acids in 7 local walnut varieties in Yunnan Province [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(6): 1889–1894.
- [29] 陈玉芹, 尹红星, 王应清, 等. 辣木茶的氨基酸分析及营养价值评定[J]. *南方农业学报*, 2017, 48(7): 1280–1285.
- CHEN YQ, YIN HX, WANG YQ, *et al.* Amino acid components and nutritional value in *Moringa oleifera* Lam. tea [J]. *J Southern Agric*, 2017, 48(7): 1280–1285.
- [30] 侯娜, 赵莉莉, 魏安智, 等. 不同种质花椒氨基酸组成及营养价值评价[J]. *食品科学*, 2017, 38(18): 113–118.
- HOU N, ZHAO LL, WEI ANZ, *et al.* Amino acid composition and nutritional quality evaluation of different germplasms of Chinese prickly ash (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim) [J]. *Food Sci*, 2017, 38(18): 113–118.
- [31] 王艳, 王燕萍, 崔方, 等. 3 种党参药材氨基酸组成与营养评价分析及品种分类研究[J]. *时珍国医国药*, 2021, 32(10): 2421–2425.
- WANG Y, WANG YP, CUI F, *et al.* Amino acid composition, nutritional evaluation and variety classification of three kinds of *Codonopsis pilotica* [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 2021, 32(10): 2421–2425.
- [32] 蔡达, 江育葵, 王文正, 等. 山东、四川不同类型萝卜营养品质分析与综合评价[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(8): 2649–2657.
- CAI D, JIANG YY, WANG WZ, *et al.* Nutritional quality analysis and comprehensive evaluation of different radish types in Shandong and Sichuan [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(8): 2649–2657.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

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