

不同产地草果理化特性及游离氨基酸组分分析

友胜军¹ 张映萍¹ 秦晓威^{1,2,3,4} 和俊才¹ 郝朝运^{1,2,3,4} 徐飞^{2,3,4}

(1. 怒江绿色香料产业研究院 云南怒江 673200; 2. 中国热带农业科学院香料饮料研究所 海南万宁 571533; 3. 海南省热带香辛饮料作物遗传改良与品质调控重点实验室 海南万宁 571533; 4. 海南省特色热带作物适宜性加工与品质控制重点实验室 海南万宁 571533)

摘要 为探究不同产地草果的理化特性及游离氨基酸组分的差异,以中国云南麻栗坡、绿春、屏边、盈江、福贡、泸水,以及越南的草果为原料,对不同产地草果的水分、蛋白质、灰分、挥发油含量等理化特性及游离氨基酸进行分析。结果表明,不同产地草果的水分含量为8.60%~14.21%,蛋白质含量为5.28%~6.66%,灰分含量为5.27%~6.46%,挥发油含量为1.16%~1.75%。草果中共检出16种游离氨基酸,含量为10.69~17.58 g/hg,包括7种必需氨基酸、9种非必需氨基酸,营养评价结果显示,7种不同产地草果的必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)值均较接近0.4,仅屏边和越南草果的NEAA/TAA值未达到0.6以上;鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸和芳香族氨基酸的含量分别为4.00~8.75、1.95~3.08、2.67~4.09、1.20~1.65 g/hg,其中泸水、盈江草果的鲜味氨基酸、甜味氨基酸、芳香族氨基酸含量相对较高。由此得出,7种不同产地草果的水分、蛋白质、灰分、挥发油含量存在一定差异,不同产地草果氨基酸含量丰富、营养价值高,其组成、含量及营养价值均存在一定的差异,其中泸水产地的草果水分、蛋白质、挥发油含量、氨基酸总含量较高;就呈味氨基酸而言,泸水、盈江草果的鲜味氨基酸、甜味氨基酸、芳香族氨基酸含量较高。该研究结果可为草果种质资源筛选、研究及相关食品和医药产品开发提供理论参考。

关键词 草果;理化特性;氨基酸

中图分类号 S573 文献标识码 A DOI: 10.12008/j.issn.1009-2196.2024.06.006

Analysis of the Physicochemical Properties and Free Amino Acid Composition of *Amomum tsao-ko* from Different Origins

YOU Shengjun¹ ZHANG Yingping¹ QIN Xiaowei^{1,2,3,4} HE Juncai¹ HAO Chaoyun^{1,2,3,4} XU Fei^{2,3,4}

(1. Nujiang Green Spice Industry Research Institute, Nujiang, Yunnan 673200, China; 2. Spice and Beverage Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Wanning, Hainan 571533, China; 3. Hainan Provincial Key Laboratory of Genetic Improvement and Quality Regulation for Tropical Spice and Beverage Crops, Wanning, Hainan 571533, China; 4. Key Laboratory of Processing Suitability and Quality Control of the Special Tropical Crops of Hainan Province, Wanning, Hainan 571533, China)

Abstract To explore the differences in the physical and chemical properties and free amino acid components of *Amomum tsao-ko* from different production areas, this study used *Amomum tsao-ko* from Malipo, Lvchun, Pingbian, Yingjiang, Fugong, Lushui, Yunnan, China, and Vietnam as raw materials. The physical and chemical properties, such as moisture, protein, ash, volatile oil content, and free amino acid contents, of *Amomum tsao-ko* from different origins were analyzed. The results revealed that the moisture content of *Amomum tsao-ko* from different origins ranged from 8.60% to 14.21%, the protein content ranged from 5.28% to 6.66%, the ash content ranged from 5.27% to 6.46%, and the volatile oil content ranged from 1.16% to 1.75%. Sixteen free amino acids were detected in *Amomum tsao-ko* from seven different origins, with contents ranging from 10.69~17.58 g·hg⁻¹, including seven essential amino acids and nine nonessential amino acids. The results of the nutritional evaluation revealed that the EAA/TAA values of *Amomum tsao-ko* from seven different origins were close to 0.4 and that the NEAA/TAA values of *Amomum tsao-ko* from Pingbian and Vietnam were not greater than 0.6. The contents of umami amino acids, sweet amino acids, bitter amino acids, and aromatic amino acids were 4.00~8.75 g·hg⁻¹, 1.95~3.08 g·hg⁻¹, 2.67~4.09 g·hg⁻¹, 1.20~1.65 g·hg⁻¹, respectively. The contents of umami amino acids, sweet amino acids, and aromatic amino acids in

收稿日期 2023-07-31; 修回日期 2023-08-22

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(No. 1630142022008); 云南省郝朝运专家工作站“科技人才与平台计划”(No. 202205AF150050)。

第一作者 友胜军(1981—),男,硕士,农艺师,研究方向为农业种植及香料产品加工, E-mail: 535505470@qq.com。

通信作者 徐飞(1982—),女,硕士,副研究员,研究方向为热带作物加工, E-mail: xufei_0302054@163.com。

Lushui and Yingjiang *Amomum tsao-ko* were relatively high. In conclusion, there are differences in the contents of moisture, protein, ash, and volatile oil in *Amomum tsao-ko* from seven different origins. The amino acid content of *Amomum tsao-ko* from different origins is high, and its nutritional value is high. There are several differences in its composition, content, and nutritional value. Among them, the moisture, protein, volatile oil, and total amino acid contents of *Amomum tsao-ko* from Lushui were relatively high. In terms of flavor amino acids, the umami amino acids, sweet amino acids, and aromatic amino acids of *Amomum tsao-ko* from Lushui and Yingjiang are relatively high. The results of this study provide some theoretical support for the screening and research of *Amomum tsao-ko* germplasm resources and the development of related food and pharmaceutical products.

Keywords *Amomum tsao-ko*; physicochemical properties; amino acids

草果 (*Amomum tsao-ko* Crevost et Lemarie), 又称草果仁, 草果子, 姜科豆蔻属多年生常绿丛生草本植物。草果属药食同源, 既是一种传统的天然香料, 也是一种中药材^[1]。作为香料, 草果具有浓郁的香辛味, 具有增香提鲜、去腥除膻、去油解腻的作用, 烹制鸡肉、牛羊肉、鱼肉等肉类时加入草果, 其味更佳, 被誉为食品调味料中的“五香之一”^[2]。作为中药材, 草果有镇咳、抗炎、抗菌的作用, 对于治疗食积、脘腹胀痛等均有疗效。《本草纲目》有记载, 草果果实入药, 能治痰积聚, 除痰消食, 治疟疾。《饮膳正要》中也有记载, 草果味辛、性温、无毒, 治心腹痛、止呕、补胃、下气^[3]。草果在中国、越南、老挝、缅甸均有分布。云南省草果种植面积和产量均占中国 90% 以上, 是中国草果的主产区, 主要分布在泸水、福贡、麻栗坡、绿春、盈江、屏边等地区, 因独特的自然条件优势, 泸水、福贡等地草果产量较高, 品质优良^[4-5]。

产地不同, 草果的理化品质和香气含量存在一定的差异性。谷风林等^[6]对云南省不同产地草果的物理性状、草果挥发性的化学成分进行分析, 结果发现不同产地草果物理性状、挥发油含量、挥发性成分均存在较大差异。杨青等^[7]研究了云南产区 10 个不同产地草果的挥发油香气成分, 共鉴定出 18 个共有组分, 1 个非共有组分, 不同产地的挥发油主要成分基本一致, 相对含量存在一定差异。Liang 等^[8]利用 HS-GC-MS 技术对 4 个不同产地的新鲜草果挥发性成分进行分析, 从 4 个产地的新鲜草果中共鉴定出 50 种化合物, 其中主要挥发性成分(*E*)-2-辛烯醛、(*E*)-2-癸烯醛、2-异丙基苯甲醛、橙花醛、香叶醛和桉油精占较大比例; 正交偏最小二乘法判别分析(orthogonal partial least squares-discriminant analysis, OPLS-DA)结果显示, 4 个不同地区的草果挥发性成分存在一定差异。任洪涛等^[9]以云南怒江贡山、文

山马关、红河金平 3 个不同产地的草果为原料, 采用索氏提取法提取草果籽油, 对比研究不同产地草果籽油脂肪酸组成发现, 不同产地的草果籽油中共检出 18 种脂肪酸, 其中饱和脂肪酸 9 种, 不饱和脂肪酸 9 种, 不饱和脂肪酸含量达 73.70%, 3 个不同产地草果籽油脂肪酸组成相似, 各脂肪酸相对含量存在差异。可见, 关于不同产地、不同来源草果的研究主要集中在挥发性成分、物理性状、脂肪酸组成方面, 而关于不同产地草果理化特性及游离氨基酸组分分析的研究还相对较少, 草果其他品质指标差异分析方面的研究也有待完善。

本研究以中国云南麻栗坡、绿春、屏边、盈江、福贡、泸水以及越南 7 个产地的草果为原料, 对草果的水分、蛋白质、灰分、挥发油含量等理化特性进行分析, 并利用全自动氨基酸分析仪测定草果中游离氨基酸组分, 以期通过对比分析, 明确不同产地草果的理化特性及游离氨基酸组分的差异, 旨在通过对比分析挖掘优质草果, 为草果资源在食品和医药方面的开发与利用提供一定理论依据, 也为优质草果种质资源筛选提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 草果来源 草果购自广西玉林的中国-东盟香料交易市场, 分别以中国云南麻栗坡、绿春、屏边、盈江、福贡、泸水, 越南表示不同产地草果样品的编号。7 个不同产地草果样品粉碎研磨成粉, 过 40 目筛备用。

1.1.2 仪器与设备 XY-102MV 水分测定仪(常州市幸运电子设备有限公司); NDA701 杜马斯定氮仪(意大利 VELP 公司); SX2-8-10A 箱式电阻炉(上海精其仪器有限公司); S-433D 全自动氨基酸分析仪(德国 Sykam 公司)。

1.2 方法

1.2.1 水分含量测定 草果的水分含量测定参考 Pramono 等^[10]的方法, 采用水分测定仪测定水分含量。称取 1.0 g 纯天然草果粉样品均匀的平铺在加热托盘上, 按“启动”键测定水分百分比, 直至数值不变, 该数值为样品的水分含量, 重复测定 3 次, 取平均值。

1.2.2 蛋白质含量测定 称取 50~60 mg 草果粉, 置于样品锡纸杯, 利用杜马斯定氮仪测量蛋白质含量, 同时做不同梯度标准曲线。

1.2.3 灰分测定 草果的灰分测定方法参照 GB 5009.4—2016《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》中的规定^[11]。

1.2.4 挥发油的提取及测定 草果挥发油的提取及测定方法参照 GB/T 30385—2013《香辛料和调味品 挥发油含量的测定》^[12]。

1.2.5 游离氨基酸测定 参考薛亚杰等^[13]的方法, 称取 1 g 草果粉于 20 mL 安瓿管中, 加入 1 mL 6 mol/L HCl (250 mL 纯盐酸, 定容至 500 mL, 加 0.5 g 苯酚), 抽真空封管, 在 110 ℃ 水解 22 h, 冷却过滤; 取 100 μL 滤液置于氮吹仪上, 氮吹蒸发至干; 加入 5 mL 样品稀释液, 使氨基酸浓度达到 50~250 mol/mL, 振荡混匀, 用 0.22 μm 滤膜过滤后, 供上机测定使用。

1.2.6 氨基酸滋味强度值 参考林波等^[14]的方法, 采用味道强度值 (taste activity value, TAV) 计算氨基酸滋味强度值, 计算公式如下:

$$TAV = \frac{C}{T}$$

式中 TAV 为味道强度值; C 为滋味物质的绝对浓度值 (单位: g/hg); T 为滋味物质的阈值 (单位: g/hg)。通常认为, TAV 值大于 1 时, 该物质能够对该样品的呈味有贡献, 且数值越大, 贡献越大; 相反, 当比值小于 1 时, 说明该物质对呈味贡献不大, 呈味作用不显著。

1.2.7 数据分析 采用 IBM SPSS Statistics 25.0 进行单因素 ANOVA 显著性差异分析, 结果以 (平均值±标准差) 表示。采用 Origin 2019 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同产地草果的理化特性及挥发油含量分析

2.1.1 不同产地草果的理化特性 如表 1 所示, 7

种不同产地草果的水分含量存在一定差异, 水分含量为 8.60%~14.21%, 其中屏边、泸水、绿春的草果水分含量较高, 分别为 14.21%、13.91%、13.22%; 麻栗坡和福贡的水分含量最少, 分别为 8.60%、8.71%。不同产地草果的蛋白质含量存在一定差异, 含量为 5.28%~6.66%; 其中泸水草果中蛋白质含量最高, 为 6.66%; 麻栗坡、福贡草果的蛋白质含量次之; 中国云南绿春、盈江、屏边, 越南的草果中蛋白质含量相对较少。盈江和屏边草果的灰分含量存在显著差异, 含量为 5.27%~6.46%, 其中盈江草果的灰分含量较高, 为 6.46%; 屏边草果的灰分含量较少, 为 5.27%。

表 1 不同产地草果的理化特性

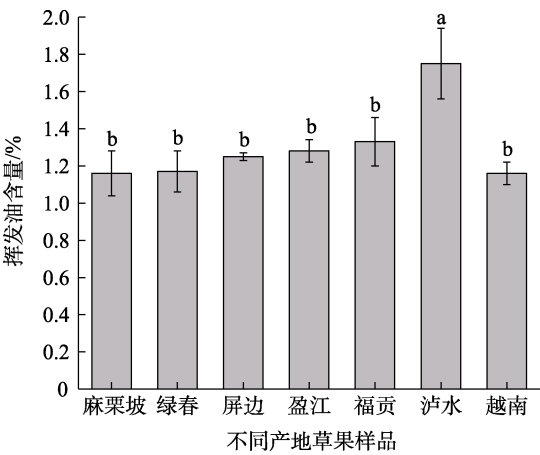
产地	水分含量/%	蛋白质含量/%	灰分/%
中国云南 麻栗坡	(8.60±0.31) c	(6.01±0.23) b	(5.81±0.16) abc
中国云南 绿春	(13.22±1.98) a	(5.46±0.04) c	(5.79±0.14) abc
中国云南 屏边	(14.21±1.28) a	(5.28±0.33) cd	(5.27±0.16) c
中国云南 盈江	(10.67±0.14) bc	(5.18±0.20) c	(6.46±0.19) a
中国云南 福贡	(8.71±1.63) c	(6.16±0.00) b	(5.96±0.74) abc
中国云南 泸水	(13.91±0.72) a	(6.66±0.00) a	(6.21±0.11) ab
越南	(10.82±0.21) b	(5.14±0.28) c	(5.55±0.49) bc

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。

2.1.2 不同产地草果挥发油含量 由图 1 可知, 7 种不同产地草果挥发油含量为 1.16%~1.75%, 从大到小依次是中国云南泸水>中国云南福贡>中国云南盈江>中国云南屏边>中国云南绿春>越南>中国云南麻栗坡。其中, 泸水草果的挥发油含量较高, 为 1.75%; 中国云南麻栗坡和越南的草果挥发油相对较少, 为 1.16%。

2.2 不同产地草果中游离氨基酸的组成及含量分析

2.2.1 不同产地草果中游离氨基酸组成及营养评价 对 7 种不同产地草果的游离氨基酸进行分析, 结果如表 2 所示。共检测出 16 种氨基酸, 其中包括 7 种人体所需的必需氨基酸, 分别为苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸; 9 种非必需氨基酸, 分别为天冬



图中柱子上方不同小写字母表示差异显著 ($p<0.05$)。麻栗坡、绿春、屏边、盈江、福贡、泸水属中国云南。图 2 同。

图 1 不同产地草果的挥发油含量

氨酸、丝氨酸、谷氨酸、丙氨酸、胱氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸。采自中国云南麻栗坡、绿春、屏边、泸水，越南的草果中均检出 16 种氨基酸，盈江、福贡的草果中只检出了 15

种氨基酸，其中盈江的草果中未检出亮氨酸，福贡的草果中未检出苏氨酸。7 种不同产地草果的游离氨基酸组分基本相似。

从表 2 可见，7 种不同产地草果中含有丰富的必需氨基酸，其中赖氨酸和亮氨酸含量普遍较高。不同产地草果的样品间苏氨酸、赖氨酸和亮氨酸含量均为显著差异，采自盈江和泸水草果的缬氨酸、苯丙氨酸含量较高，盈江草果异亮氨酸含量较高，泸水草果的蛋氨酸含量较高。非必需氨基酸中谷氨酸含量最高，其次是天冬氨酸和精氨酸，其中盈江和泸水草果的谷氨酸含量较高，分别为 2.98、3.24 g/hg；盈江和泸水的天冬氨酸含量相对较高，为 1.75、1.82 g/hg，显著高于绿春、福贡的草果；采自泸水的草果样品精氨酸含量最高，为 1.73 g/hg，盈江的最低，为 0.60 g/hg。7 种不同产地草果的总氨基酸含量依次是中国云南泸水>中国云南盈江>中国云南麻栗坡>中国云南绿春>中国云南福贡>越南，采自泸水的草果非必需氨

表 2 不同产地草果的游离氨基酸

分类	游离氨基酸名称	含量/(g·hg ⁻¹)						
		中国云南麻栗坡	中国云南绿春	中国云南屏边	中国云南盈江	中国云南福贡	中国云南泸水	越南
EAA	苏氨酸(Thr)	(0.47±0.04) a	(0.51±0.03) a	(0.48±0.04) a	(0.64±0.06) a	—	(0.69±0.03) a	(0.52±0.03) a
	缬氨酸(Val)	(0.53±0.03) b	(0.57±0.02) b	(0.54±0.04) b	(0.70±0.05) a	(0.54±0.02) b	(0.76±0.01) a	(0.59±0.02) b
	蛋氨酸(Met)	(0.04±0.02) bc	(0.05±0.03) abc	(0.05±0.01) bc	(0.09±0.01) ab	(0.03±0.01) c	(0.10±0.04) a	(0.05±0.01) abc
	异亮氨酸(Ile)	(0.42±0.02) c	(0.46±0.02) c	(0.43±0.04) c	(1.29±0.12) a	(0.43±0.02) c	(0.62±0.01) b	(0.47±0.01) c
	亮氨酸(Leu)	(0.92±0.07) a	(0.99±0.05) a	(0.95±0.08) a	—	(0.97±0.03) a	(1.32±0.00) a	(1.02±0.03) a
	苯丙氨酸(Phe)	(0.59±0.05) b	(0.62±0.03) b	(0.60±0.05) b	(0.76±0.07) a	(0.61±0.02) b	(0.83±0.02) a	(0.63±0.02) b
NEAA	赖氨酸(Lys)	(2.65±1.64) a	(1.66±1.79) a	(0.36±0.09) a	(2.05±2.39) a	(2.10±1.68) a	(3.70±2.19) a	(0.32±0.07) a
	天冬氨酸(Asp)	(1.24±0.10) ab	(0.86±0.58) b	(1.22±0.10) ab	(1.75±0.16) a	(0.64±0.61) b	(1.82±0.06) a	(1.30±0.06) ab
	丝氨酸(Ser)	(0.49±0.04) b	(0.52±0.03) b	(0.49±0.04) b	(0.66±0.06) a	(0.44±0.08) b	(0.71±0.02) a	(0.53±0.02) b
	谷氨酸(Glu)	(2.38±0.20) b	(2.55±0.14) b	(2.42±0.18) b	(2.98±0.27) a	(2.54±0.01) b	(3.24±0.07) a	(2.56±0.12) b
	丙氨酸(Ala)	(0.47±0.04) b	(0.50±0.03) b	(0.48±0.04) b	(0.62±0.06) a	(0.49±0.01) b	(0.68±0.01) a	(0.51±0.01) b
	胱氨酸(Cys)	(0.32±0.02) c	(0.34±0.02) bc	(0.33±0.02) c	(0.40±0.04) ab	(0.31±0.02) c	(0.43±0.02) a	(0.35±0.01) c
	酪氨酸(Tyr)	(0.30±0.02) b	(0.32±0.01) b	(0.29±0.02) b	(0.38±0.03) a	(0.28±0.01) b	(0.40±0.02) a	(0.29±0.01) b
	组氨酸(His)	(0.44±0.04) b	(0.44±0.02) b	(0.45±0.03) b	(0.55±0.06) a	(0.44±0.01) b	(0.54±0.02) a	(0.49±0.02) b
	精氨酸(Arg)	(1.25±0.10) ab	(1.30±0.05) ab	(1.26±0.09) ab	(0.60±0.79) b	(1.36±0.04) ab	(1.73±0.04) a	(1.28±0.05) ab
	脯氨酸(Pro)	(0.31±0.03) b	(0.34±0.02) b	(0.32±0.03) b	(0.43±0.04) a	(0.33±0.01) b	(0.47±0.01) a	(0.34±0.01) b
TAA		(12.84±2.09) ab	(12.05±2.44) b	(10.69±0.80) b	(13.88±4.10) ab	(11.75±0.94) b	(17.58±1.90) a	(11.29±0.38) b
EAA		(5.64±1.73) a	(4.87±1.88) a	(3.43±0.27) a	(5.52±2.66) a	(4.92±1.51) a	(7.57±1.89) a	(3.61±0.09) a
NEAA		(7.21±0.59) b	(7.17±0.62) b	(7.26±0.55) b	(8.36±1.46) b	(6.83±0.57) b	(10.01±0.23) a	(7.66±0.31) b
EAA/TAA		(0.43±0.08) a	(0.39±0.07) a	(0.32±0.01) a	(0.38±0.07) a	(0.41±0.10) a	(0.42±0.07) a	(0.32±0.01) a
EAA/NEAA		(0.78±0.22) a	(0.67±0.20) a	(0.47±0.01) a	(0.63±0.19) a	(0.74±0.28) a	(0.76±0.19) a	(0.47±0.01) a

注：TAA 代表总氨酸，EAA 代表必需氨基酸，NEAA 代表非必需氨基酸。

基酸含量均显著高于其他组,达到 10.01 g/hg,而其必需氨基酸含量与其他组间均无显著差异。由此说明,7 种不同产地草果的氨基酸含量存在一定差异,其中泸水草果的总氨基酸含量相对较高。

7 种不同产地草果的必需氨基酸/总氨基酸 (EAA/TAA) 值无明显差异,为 0.32~0.43,接近 0.4;不同产地草果的 NEAA/TAA 值无明显差异 (0.47~0.78),其平均值中中国云南屏边和越南的草果 NEAA/TAA 未达到 0.6 以上,麻栗坡、绿春、盈江、福贡、泸水的草果的氨基酸组成均达到了联合国粮食及农业组织和世界卫生组织 (FAO/WHO) 的理想蛋白质标准,均属于质量较好的蛋白质 (表 2)。

2.2.2 不同产地草果呈味氨基酸和 TAV 分析 根据呈味氨基酸的分类方法,可将草果中的氨基酸分为鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸、芳香族氨基酸。将各类呈味氨基酸对照其在水中的呈味阈值计算出各自的 TAV,结果如表 3 所示。7 种不同产地草果呈味氨基酸的呈味分布存在一定

的差异性,其中采自中国云南麻栗坡、福贡、泸水的草果主要呈味分布是苦味氨基酸>鲜味氨基酸>甜味氨基酸>芳香族氨基酸;采自中国云南绿春、屏边、盈江,越南的草果主要呈味分布是鲜味氨基酸>苦味氨基酸>甜味氨基酸>芳香族氨基酸。本研究中不同产地草果中的鲜味氨基酸主要是天冬氨酸和谷氨酸,2 种氨基酸均对滋味物质有贡献,其中谷氨酸 TAV 相对较高,7 种不同产地草果中泸水草果 TAV 最高,为 107.94,谷氨酸是 7 种不同产地草果的主要鲜味滋味贡献氨基酸,泸水草果鲜味滋味较强。不同产地草果的甜味氨基酸包括丙氨酸、丝氨酸、苏氨酸、脯氨酸、组氨酸,几种氨基酸均对滋味物质有贡献 (TAV>1),其中组氨酸贡献率较高,采自盈江的草果组氨酸 TAV 相对较高 (27.42),组氨酸是不同产地草果主要甜味滋味的贡献氨基酸。不同产地草果的苦味氨基酸包括缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸、精氨酸、赖氨酸 6 种,其均对滋味物质有贡献,其中采自中国云南屏边、越南

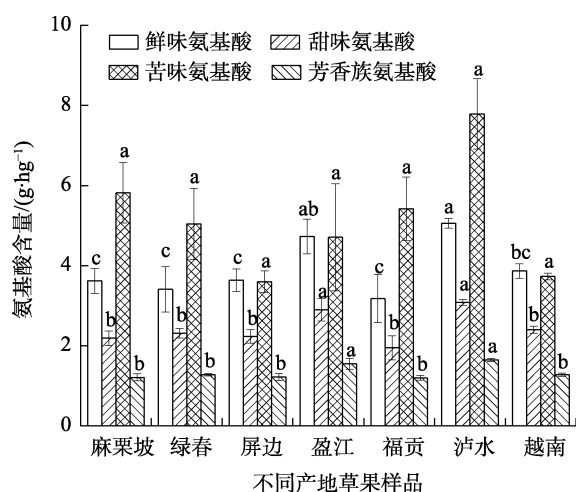
表 3 不同产地草果呈味氨基酸的味道强度值 (TAV) 分析

分类	氨基酸	阈值 (g·hg ⁻¹)	TAV 值						
			中国云南 麻栗坡	中国云南 绿春	中国云南 屏边	中国云南 盈江	中国云南 福贡	中国云南 泸水	越南
鲜味氨基酸	天冬氨酸	0.1	12.39	8.61	12.18	17.48	6.39	18.17	13.01
	谷氨酸	0.03	79.44	84.93	80.68	99.27	84.70	107.94	85.49
	合计		91.83	93.54	92.85	116.74	91.09	126.11	98.49
甜味氨基酸	丙氨酸	0.06	7.88	8.31	8.07	10.36	8.11	11.30	8.55
	丝氨酸	0.15	3.25	3.48	3.29	4.40	2.91	4.71	3.53
	苏氨酸	0.26	1.83	1.96	1.85	2.46	—	2.64	2.01
	脯氨酸	0.03	10.50	11.20	10.79	14.23	10.89	15.67	11.38
	组氨酸	0.02	21.77	22.22	22.36	27.42	22.09	26.90	24.66
	合计		45.23	47.17	46.36	58.87	44.00	61.23	50.12
	缬氨酸	0.04	13.20	14.21	13.52	17.41	13.47	18.98	14.73
苦味氨基酸	亮氨酸	0.19	4.87	5.21	5.01	—	5.11	4.63	5.36
	异亮氨酸	0.09	4.68	5.12	4.82	14.29	4.76	6.85	5.27
	蛋氨酸	0.03	1.40	1.81	1.73	2.92	0.79	3.30	1.75
	精氨酸	0.05	25.03	26.06	25.11	11.93	27.28	34.67	25.55
	赖氨酸	0.05	53.09	33.29	7.28	40.94	41.95	73.97	6.44
	合计		102.26	85.69	57.47	87.48	93.37	142.41	59.11
芳香族氨基酸	苯丙氨酸	0.09	6.60	6.93	6.69	8.49	6.77	9.19	7.05
	胱氨酸	0.75	0.43	0.46	0.44	0.53	0.42	0.57	0.47
	酪氨酸	ND	—	—	—	—	—	—	—
	合计		7.03	7.39	7.14	9.03	7.19	9.76	7.52

注: ND. 阈值未查到; —. 无 TAV。

的草果中精氨酸贡献较高；采自麻栗坡、绿春、盈江、福贡、泸水的草果中赖氨酸对苦味物质贡献率较高，说明不同产地草果主要苦味滋味的贡献氨基酸存在差异。不同产地草果的芳香族氨基酸有苯丙氨酸、胱氨酸和酪氨酸，其中苯丙氨酸 $TAV > 1$ ，对滋味物质有贡献，其 TAV 从大到小依次是中国云南泸水 > 中国云南盈江 > 越南 > 中国云南绿春 > 中国云南福贡 > 中国云南屏边 > 中国云南麻栗坡，说明不同产地草果主要芳香族贡献氨基酸的滋味强度存在差异。

由图 2 可知，7 个不同产地草果中，鲜味氨基酸含量为 4.00~8.75 g/hg，泸水、盈江的鲜味氨基酸较高，分别为 8.75、6.77 g/hg；不同产地草果的甜味氨基酸含量为 1.95~3.08 g/hg，其中泸水、盈江的鲜味氨基酸较高，分别为 3.08、2.90 g/hg，7 个不同产地草果苦味氨基酸总含量为 2.67~4.09 g/hg，组间无显著性差异。不同产地草果的芳香氨基酸含量为 1.20~1.65 g/hg，其中泸水、盈江的芳香氨基酸含量较高，分别是 1.65、1.55 g/hg。由此说明，7 个不同产地的鲜味、甜味、芳香族氨基酸含量存在一定差异，可针对产品需要选择相应草果样品进行加工。



同类氨基酸不同小写字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

图 2 不同产地草果各类呈味氨基酸含量

3 讨论与结论

水分、蛋白质、灰分是评价食品品质的重要理化指标。水分含量是影响食品质量和货架期的重要指标之一，通常来说，食品中水分含量越低，货架期越长，产品质量也越稳定^[15]。蛋白质是人

体最重要的组成物质之一，是维持人体正常生命活动所必需的物质，其含量通常是评判食品营养价值的重要指标。灰分是食品经灼烧后所残留的无机物质，主要是食品中的各种矿物质（钾、钠、钙等），这些矿物质可被人体吸收，也是人体所需的营养物质之一^[16]。本研究对 7 种不同产地草果的水分、蛋白质、灰分、挥发油含量及游离氨基酸组分进行测定，不同产地草果的水分含量为 8.60%~14.21%，蛋白质含量为 5.28%~6.66%，灰分含量为 5.27%~6.46%，挥发油含量为 1.16%~1.75%，其中采自泸水的草果在水分含量、蛋白质含量、灰分含量、挥发油含量方面均高于其他产地草果。研究结果显示，不同产地草果在水分含量、蛋白质含量、灰分含量方面存在一定差异，与赵鑫鑫等^[17]的研究结果相类似。

挥发油是草果的主要成分，其挥发油中含有丰富的香气成分，具有抗氧化、调节胃肠功能、抗菌、抗炎、抗肿瘤以及改变药物通透性等药理作用^[18-20]。挥发油含量通常用来评价草果的药用价值和香气品质优劣^[21]。本研究中不同产地草果的挥发油含量存在一定差异，但泸水草果挥发油含量呈现显著性差异，挥发油含量显著高于其他产地，这可能与加工方式及产地适宜的环境等因素有关。

氨基酸是人体不可缺少的营养成分之一，不仅能为人体提供营养，一些氨基酸也具有特殊的风味，对食品滋味有相当重要的贡献，氨基酸的组成及含量也决定着食物蛋白质的质量。因此，氨基酸也是食品品质评价的重要指标之一^[22]。本研究中 7 种不同产地草果中共检出 16 种游离氨基酸，其中氨基酸总含量为 10.69~17.58 g/hg，包含 7 种必需氨基酸（苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸）和 9 种非必需氨基酸（天冬氨酸、丝氨酸、谷氨酸、丙氨酸、胱氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸、脯氨酸），其中泸水草果的氨基酸总含量为 17.58 g/hg、非必需氨基酸含量为 10.01 g/hg，均高于其他产地草果。陈玉芹等^[23]的研究发现，马关县不同产地草果中检测出 17 种氨基酸，包含 7 种必需氨基酸和 10 种非必需氨基酸，与本研究相比略有差异，除了甘氨酸以外，其他氨基酸组分均有检出，这可能是由于草果加工方式或产地环境等因素影响。

不同产地草果间氨基酸含量存在一定差异,草果中必需氨基酸赖氨酸和亮氨酸含量普遍较高,其中赖氨酸是维持人体氮平衡的 8 种必需氨基酸中特别重要的一种,是衡量食物营养价值的重要指标之一,而亮氨酸可作为营养增补剂、调味增香剂,有降血糖作用^[24]。本研究中采自泸水的草果中赖氨酸和亮氨酸含量较高,说明其可能的营养价值会越高,降糖作用会更明显,具体功能性作用功效还有待进行动物试验深入研究探索。非必需氨基酸中谷氨酸含量最高,其次是天冬氨酸和精氨酸,谷氨酸是典型的鲜味氨基酸,也是重要的香气前体物质,可作为食品增鲜剂,也可作为碳氮营养参与机体代谢,有较高的营养价值^[25],盈江和泸水草果的谷氨酸含量较高(2.98、3.24 g/hg),说明产自盈江和泸水的草果更适合加入肉类食物烹调中,以起到更好的增香提鲜作用。同时,通过 TAV 分析证实,天冬氨酸和谷氨酸均对鲜味滋味物质有贡献(TAV>1),其中谷氨酸 TAV 相对较高;泸水草果 TAV 最高,为 107.94。说明谷氨酸是 7 种不同产地草果的主要鲜味滋味贡献的氨基酸,泸水草果的鲜味滋味较强。

根据 FAO/WHO 推荐的理想蛋白质模型,质量较好的蛋白质其氨基酸组成为 EAA/TAA 在 0.4 左右,EAA/NEAA 达到 0.6 以上^[26]。7 种不同产地草果的 EAA/TAA 无明显差异,为 0.32~0.43,均较接近 0.4;不同产地草果的 NEAA/TAA 无明显差异(0.47~0.78),其平均值中中国云南屏边和越南的草果 NEAA/TAA 未达到 0.6 以上。说明,麻栗坡、绿春、盈江、福贡、泸水的草果的氨基酸组成均达到了 FAO/WHO 的理想蛋白质标准,表明其均属于质量较好的蛋白质,营养价值较高。

在对不同产地草果中游离氨基酸组成及含量分析的基础上,进行草果的呈味氨基酸分类和 TAV 计算^[27],结果显示,不同产地草果中鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸和芳香族氨基酸的含量分别 4.00~8.75、1.95~3.08、2.67~4.09、1.20~1.65 g/hg,其中泸水、盈江草果的鲜味氨基酸、甜味氨基酸、芳香族氨基酸含量均相对较高。芳香族氨基酸主要包括苯丙氨酸、胱氨酸、酪氨酸,结果与陈玉芹等^[23]研究相一致。通过 TAV 分析,苯丙氨酸对鲜味滋味物质有贡献(TAV>1);胱氨酸 TAV<1,无贡献作用,说明采自泸水的草果香

气滋味较强。而芳香族氨基酸含量是否直接影响草果的香气质量,还需深入研究草果中芳香族氨基酸含量与挥发性香气成分含量相关性。

综上所述,7 种不同产地草果在水分、蛋白质、灰分、挥发油含量、游离氨基酸组分方面均存在一定的差异性,泸水产地的草果水分、蛋白质、挥发油含量、氨基酸总含量较高,泸水、盈江草果的鲜味氨基酸、甜味氨基酸、芳香族氨基酸含量较高。本研究有助于了解不同产地草果的理化特性和游离氨基酸组成,并为草果优质资源筛选、草果相关食品和医药产品开发提供依据。

参考文献

- [1] 熊建秀,杨志清. 云南怒江草果产业现状及可持续发展对策[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(10): 236-237.
- [2] 杜丽霞,姜子涛,周恒. 调味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.
- [3] 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.
- [4] 练强,杨毅,吴莲张. 怒江草果产业发展存在的问题及对策[J]. 现代农业科技, 2020(20): 234-235.
- [5] 权美平. 草果精油功能性研究进展[J]. 中国调味品, 2016, 41(3): 142-145.
- [6] 谷凤林,张林辉,房一明,等. 云南不同地区草果物理性状、精油含量及组成分析[J]. 热带作物学报, 2018, 39(7): 1440-1446.
- [7] 杨青,茹瑞红,杨羚钰,等. 不同产地草果挥发油成分的比较分析[J]. 热带农业科学, 2022, 42(10): 99-102.
- [8] Liang M, Zhang Z M, Wu Y J, et al. Comparison of *Amomum tsaoko* crevost et Lemaire from four regions via head-space solid-phase microextraction: variable optimization and volatile characterization[J]. Industrial Crops and Products, 2023, 191: 115-124.
- [9] 任洪涛,练强,周恒苍,等. 云南不同产地草果籽油脂肪酸组成分析[J]. 热带农业科技, 2023, 46(1): 29-31+34.
- [10] Pramono E K, Taufan A, Novrinaldi, et al. Performance tests of loadcell as real-time moisture content sensor: case study *Moringa oleifera* leaves drying[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 1024(1): 012-018.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中灰分的测定: GB 5009.4—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [12] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 香辛料和调味品 挥发油含量的测定: GB/T 30385—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

- [13] 薛亚杰, 胡荣锁, 姚美芹, 等. 草果理化特性分析及其速溶茶饮调配[J]. 食品工业, 2023, 44(4): 5-10.
- [14] 林波, 郑凤锦, 方晓纯, 等. 甘蔗发酵制品的氨基酸对比及营养风味分析[J]. 农产品加工, 2022(15): 64-69.
- [15] 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.
- [16] 刘力绮, 全艳军, 杨瑞金. 不同产地梅干菜差异分析与营养评价[J]. 中国食品学报, 2023, 23(1): 343-355.
- [17] 赵鑫鑫, 梁倩, 何锐, 等. 不同产地桃榔淀粉结构特性与理化性质研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(21): 8 501-8 507.
- [18] Zhang T T, Lu C L, Jiang J G. Antioxidant and anti-tumour evaluation of compounds identified from fruit of *Amomum tsaoko* Crevost et Lemaire[J]. Journal of Functional Foods, 2015, 18: 423-431.
- [19] Liao L K, Yang S T, Li R Y, et al. Anti-inflammatory effect of essential oil from *Amomum tsaoko* Crevost et Lemarie[J]. Journal of Functional Foods, 2022, 93(4): 105 087.
- [20] 丁艳霞, 崔秀明, 戴云. 草果的研究进展[J]. 特产研究, 2005, 27(4): 60-63.
- [21] 梁森, 张祉敏, 吴雅健, 等. 辛香料草果的研究及精油应用进展[J]. 食品工业科技, 2023, 44(2): 427-435.
- [22] 赵大云, 丁霄霖. 雪里蕻腌菜风味物质的研究 (I)雪里蕻腌菜氨基酸及有机酸成分检测与分析[J]. 中国调味品, 2000, 25(12): 11-14.
- [23] 陈玉芹, 史文斌, 褚勇, 等. 马关县不同产地草果氨基酸组成与分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(18): 6 090-6 096.
- [24] 张柳叶, 吴森, 杨婉秋. 云南大叶种茶树花与 5 种滇产食药同源花卉中游离氨基酸含量的分布特征[J]. 昆明学院学报, 2023, 45(3): 28-35.
- [25] 孙灵霞. 八角茴香对卤鸡肉挥发性风味的影响及其作用机制[D]. 西安: 陕西师范大学, 2014.
- [26] Pellett P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980.
- [27] 宣仕芬, 朱煜康, 孙楠, 等. 不同采收期坛紫菜感官品质及蛋白组成分析[J]. 食品工业科技, 2020, 41(14): 291-296.

(责任编辑 林海妹)