

海南 12 个果桑品种桑叶营养成分分析

高成链^{1,2}, 郭银楠^{1,2}, 闫庆祥¹, 刘运锋³, 王茂媛¹, 元 超^{1*}

(1. 中国热带农业科学院 热带作物品种资源研究所/海南省热带药用植物工程研究中心, 海口 571101;

2. 云南农业大学 热带作物学院, 云南普洱 665099; 3. 海南铭投实业股份有限公司, 海口 570100)

[摘要]为达到资源充分利用, 筛选出果叶兼用型果桑品种, 对海南地区 12 个果桑品种的桑叶营养成分进行测定分析, 从桑叶粗蛋白、粗纤维、灰分、总糖、粗脂肪及 17 种氨基酸含量等营养指标进行综合评价。结果显示, 不同品种果桑桑叶营养成分存在显著差异, 其中总氨基酸、灰分含量最高的是‘果仙一号’, 总糖含量最高的是‘香金甚’, 粗纤维含量最高的是‘72C002’, 粗蛋白含量最高的是‘白珍珠’, 粗脂肪含量最高的是‘白玉王’。综合评价显示, ‘果仙一号’‘白玉王’‘46C019’等 3 个品种桑叶营养价值高, 可作为海南地区果叶两用桑主推品种。

[关键词]果桑; 叶片; 营养成分; 品种筛选; 资源利用; 海南

中图分类号: S663.9 文献标识码: A 文章编号: 1672-450X(2026)03-0049-07

Analysis of Nutrient Composition in Leaves of 12 Mulberry Varieties in Hainan

GAO Chenglian^{1,2}, GUO Yinnan^{1,2}, YAN Qingxiang¹, LIU Yunfeng³, WANG Maoyuan¹, YUAN Chao^{1*}

1. Tropical Crops Genetic Resources Institute, CATAS/Hainan Provincial Engineering Research Center for Tropical Medicinal Plant, Haikou 571101, China;

2. School of Tropical Crops, Yunnan Agricultural University, Pu'er 665099, China;

3. Hainan Mingtou Industrial Co., Ltd., Haikou 570100, China

Abstract: To achieve optimal resource utilization and select superior dual-purpose mulberry varieties for both fruit and leaf production, A comprehensive analysis of the nutritional composition of leaves from 12 fruit mulberry varieties cultivated in Hainan was conducted. Six key nutritional indicators were evaluated: crude protein, crude fiber, ash, total sugar, crude fat, and the content of 17 amino acids. The results indicated significant varietal differences in nutritional composition. Specifically, 'Guoxian No.1' exhibited the highest contents of total amino acids and ash; 'Xiangjinshen' recorded the highest total sugar level; '72C002' showed the highest crude fiber content; 'White Pearl' possessed the highest crude protein level; and 'Baiyuwang' contained the highest crude fat content. Based on a comprehensive evaluation, three varieties—'Guoxian No.1', 'Baiyuwang', and '46C019' were identified as having high nutritional value in their leaves, making them suitable candidates as primary promoted varieties for dual-purpose utilization in Hainan.

Key words: *Morus rubra*; leaf; nutritional composition; varietal screening; resource utilization; Hainan

桑树为桑科 (Moraceae) 桑属 (*Morus*) 的多年生木本植物^[1], 而果桑 (*Morus rubra*) 是以采摘桑葚为主的一类桑树^[2], 作为一种重要的经济作物在海南地区广泛种植, 其果实鲜美可口, 营养丰富, 深受消费者喜爱。桑叶作为桑树的主要产出

物^[3], 有疏散风热、清肺润燥、清肝明目的功效^[4], 2002 年被卫生部认定为首批药食同源中药材^[5]。随着现代科学研究进一步揭示了其丰富的营养价值和药理活性以及作为功能性食品的潜力, 桑叶已从传统的蚕饲料向多元化利用方向

收稿日期: 2026-01-12

基金项目: 海口市重点研发项目 (2024-025);

中国热带农业科学院国家热带农业科学中心科技创新团队 (CATASCXTD202408)

作者简介: 高成链 (2005—), 女, 在读本科, 研究方向为热带作物栽培及营养评价。E-mail: 3330486244@qq.com

*通信作者: 元超 (1979—), 男, 研究员, 博士, 研究方向为热带作物栽培及营养评价。E-mail: yuanchao79@126.com

拓展,成为天然功能食品和植物蛋白资源的重要来源。基础营养成分分析表明,桑叶富含多种营养物质,如粗蛋白、氨基酸、粗脂肪、总糖等,具有很高的饲用价值和保健功能^[6]。肖建中等^[7]研究表明,在浏阳黑山羊日粮中添加15%~20%的桑叶粉能显著改善其生长性能和肉品质,并调节血液生化指标。杨玉珍^[8]的综述表明,桑叶富含黄酮、生物碱、多酚、多糖以及各种氨基酸等生物活性物质,具有抗炎、抗氧化、增强机体免疫力以及调节机体糖脂代谢等功效,这为桑叶在功能性食品、医药领域的应用开辟了新途径。

在不同品种桑叶的营养价值分析方面,刘军等^[9]分析了57个不同品种桑叶的营养成分,发现不同品种桑叶在营养组成上存在较大差异,为筛选优质桑叶品种提供了科学依据。邹湘月^[10]等综合评价了90份桑树种质资源的桑叶品质,证实了不同桑树品种间营养成分的差异性。

尽管前期研究在桑叶营养成分、资源利用方面已取得了一定成果^[6-9],但大多数研究聚焦于叶用桑品种,对果桑的叶片营养价值评价则较为缺乏。在果桑生产过程中,每年的夏伐会产生大量桑叶资源,这些桑叶往往未被充分利用,造成了资源的极大浪费。本研究以海南地区种植的12个果桑品种的夏伐桑叶为研究对象,测定分析其灰分、粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、总糖和17种氨基酸等营养指标,以为海南地区果桑品种选育和资源化利用提供支撑。

1 材料和方法

1.1 材料与设备

1.1.1 材料

供试12个果桑品种(‘无籽大十’‘白珍珠’‘红玛瑙’‘72C002’‘长果桑’‘香金甚’‘鸡甜桑’‘垂桑’‘46C019’‘龙桑’‘白玉王’‘果仙一号’)均来自农业部儋州热带药用植物种质资源圃,所有品种均为2022年3月份引种自浙江省嘉兴市桐乡市,种植密度100株/667 m²,定期进行水肥一体化管理和病虫害绿色防控,取样时间为2025年6月14日,取样方法为在种植地块4个方位以及中间选取5个取样点,每个点选取1棵植株,每株选取

10个下部老叶,采样后混合,在实验室60℃条件烘干至恒重,粉碎后备用。

1.1.2 设备

台式高速冷冻离心机,美国BECKMAN公司,Allegra 21R;全自动凯氏定氮仪,海能K1100;全自动纤维分析仪,海能F2000;酶标仪 Infinite 200 ProM Nano,TECAN;Agilent 1260 高效液相色谱仪,美国安捷伦;Agilent 1260 Infinity II VWD 检测器,美国安捷伦。

1.2 方法

1.2.1 测定方法

粗蛋白测定参考《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5—2016),采用硫酸消解,凯氏定氮法;粗纤维测定参考《植源性农产品中粗纤维的测定 滤袋法》(DB12/T 963—2020),采用洗涤法;灰分测定参考《食品安全国家标准 食品中灰分的测定》(GB 5009.4—2016),采用直接灰化法;粗脂肪测定参考《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》(GB 5009.6—2016),采用索氏抽提法;17种游离氨基酸测定使用盐酸水浸提,PITC衍生化,利用外标法液相色谱法;具体操作步骤参考张椿翊等^[11]的方法。

总糖采用试剂盒法测定,试剂盒(南京集测生物科技有限公司),标准曲线:以吸光度为纵坐标,葡萄糖浓度为横坐标,一次回归方程为 $y=0.2502x-0.011$, $r=0.9996$ 。

1.2.2 统计分析

使用Excel工具对氨基酸原始数据生成数据集。根据联合国粮食及农业组织(FAO)和世界卫生组织(WHO)提出的理想蛋白质人体必需氨基酸模式谱(1973年版本)计算氨基酸评分(AAS)、必需氨基酸比值(RAA)和氨基酸比值系数(RC)。具体计算步骤参照谢唯等^[12]的方法。

2 结果与分析

2.1 果桑桑叶中大分子营养物质含量分析

2.1.1 粗蛋白

果桑叶中粗蛋白等大分子营养物质含量如表1所示。12个果桑品种叶片粗蛋白含量为

130.863 ~ 215.831 mg/g, 不同品种间存在明显差异。其中, ‘白珍珠’ ‘白玉王’ ‘46C019’ 和 ‘果仙一号’ 为高蛋白品种, 平均粗蛋白含量超过 200 mg/g, 具有较高的营养价值和应用潜力。

表 1 12 个果桑品种叶片营养成分含量					
品种	灰分/ %	粗纤维/ %	总糖/ (mg · g ⁻¹)	粗蛋白/ (mg · g ⁻¹)	粗脂肪/ %
无籽大十	12.438	4.454	294.025	176.350	8.936
白珍珠	9.706	5.179	270.025	215.831	7.578
红玛瑙	11.524	6.334	222.897	198.219	7.979
72C002	12.773	12.271	221.083	137.263	9.302
长果桑	13.643	5.732	247.847	193.425	10.379
香金萁	10.509	10.319	331.359	130.863	8.431
鸡甜桑	11.818	7.496	257.261	136.556	10.196
垂桑	8.742	10.757	303.022	188.581	6.852
46C019	10.624	9.099	274.799	212.625	10.407
龙桑	10.859	6.508	252.807	171.875	8.591
白玉王	11.025	4.352	274.978	209.413	12.325
果仙一号	15.305	2.567	220.993	204.444	9.526

2.1.2 粗纤维

粗纤维是衡量饲料适口性和消化率的关键负相关指标。一般而言, 粗纤维含量越低, 植物的组织越柔嫩, 适口性越好, 营养物质更易被消化吸收。表1数据显示, 不同品种间粗纤维含量存在明显差异, 其总体为 2.567% ~ 12.271%, ‘果仙一号’ ‘白玉王’ 和 ‘无籽大十’ 等低纤维品种表现出优异的饲料品质潜力。

2.1.3 灰分

灰分是衡量矿质营养水平的直接指标, 含量越高代表该品种的矿物质营养价值越高。如表1所示, 12 个品种桑叶的灰分含量为 8.74% ~ 15.31%, 其中 ‘果仙一号’ 的灰分含量尤为突出, 明显高于其他品种。

2.1.4 总糖

表1数据表明, 不同品种间总糖含量存在明显差异, 总体为 220.99 ~ 331.36 mg/g。‘无籽大十’ ‘香金萁’ 和 ‘垂桑’ 的总糖含量偏高, 其中, ‘香金萁’ 的总糖含量为 331.36 mg/g, 高于其他所有品种。糖分作为青贮发酵的起始底物, 能促进乳酸菌发酵, 改善饲料品质, 糖分也是影响适口性的

关键因素之一。

2.1.5 粗脂肪

表1数据显示, 12 个品种粗脂肪含量在 6.85% ~ 12.32%, 其中 ‘长果桑’ ‘鸡甜桑’ ‘46C019’ 和 ‘白玉王’ 的粗脂肪含量较高于其他品种。较高的粗脂肪含量意味着桑叶具有更高的能量价值; 更重要的是, 桑叶脂肪中富含不饱和脂肪酸、植物甾醇及脂溶性维生素(如维生素E)等生物活性物质, 这些成分具有抗氧化、抗炎和改善肉质等多种生理功能^[7]。

2.2 果桑桑叶中氨基酸组成与含量分析

2.2.1 氨基酸基本组成与含量

如表2所示, 12 个果桑品种的叶片均含有 17 种氨基酸。总氨基酸含量为 256.441 ~ 803.859 μmol/L。其中, ‘白玉王’ 和 ‘果仙一号’ 的总氨基酸含量明显高于其余品种, 分别高达 803.859、712.617 μmol/g。此外, 同一品种的组氨酸、丙氨酸与半胱氨酸含量均高于其他种类氨基酸, 尤其是组氨酸含量最为突出, 这是果桑桑叶氨基酸组成的一个显著特征。组氨酸作为半必需氨基酸在免疫调节、血管舒张和儿童生长发育中发挥关键作用。

2.2.2 氨基酸分类分析

不同分类氨基酸的含量见表3。本研究 12 个品种果桑叶中 E/T(必需氨基酸与氨基酸总量的百分比)介于 9.77%(‘白玉王’)与 18.61%(‘鸡甜桑’)之间, E/N(必需氨基酸与非必需氨基酸的百分比)介于 10.83%(‘白玉王’)与 22.87%(‘鸡甜桑’)之间(图1), 这符合水果游离氨基酸以非必需氨基酸为主的普遍规律。‘红玛瑙’ ‘鸡甜桑’ 和 ‘长果桑’ 的 E/T 与 E/N 值均处于较高水平, 表明这 3 个品种桑叶蛋白质的必需氨基酸构成比例相对更优, 营养价值潜力更高。

呈味氨基酸是指能呈现特定风味特征的氨基酸和小分子肽类物质^[13]。根据呈味特性, 氨基酸分为甜味、苦味、鲜味和无味氨基酸共 4 大类^[14]。其中: 甜味类氨基酸包含苏氨酸、丙氨酸、甘氨酸、脯氨酸、丝氨酸^[15]; 苦味类氨基酸包含异亮氨酸、亮氨酸、甲硫氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、组

氨酸、精氨酸^[16]；鲜味类氨基酸包含天冬氨酸、谷氨酸^[17]。12个品种桑叶中鲜味、甜味、苦味氨基酸的占比虽然有细微差别,但总体规律为苦味氨基酸>甜味氨基酸>鲜味氨基酸。其中,组氨酸是主要的苦味来源,在白珍珠、垂桑中含量尤为突出;丙氨酸和甘氨酸是甜味的主要来源;谷氨酸是主要的鲜味成分。从品种角度看,‘46C019’

鲜味氨基酸含量最高,‘白玉王’‘无籽大十’的甜味氨基酸总量最高,‘白珍珠’‘红玛瑙’的苦味氨基酸占比超过50%。

药效氨基酸包含谷氨酸、天冬氨酸、精氨酸、甘氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸、亮氨酸、赖氨酸^[18]。其中,‘46C019’最为突出,含量高达138.911 μmol/g,说明该品种叶具有很好的药用价值。

表 2 12 个果桑品种桑叶的氨基酸含量 单位: μmol/g

项目	无籽大十	白珍珠	红玛瑙	72C002	长果桑	香金萼	鸡甜桑	垂桑	46C019	龙桑	白玉王	果仙一号
天冬氨酸	0.176	0.396	0.066	0.516	1.339	2.733	11.415	0.736	2.591	1.092	0.786	0.775
谷氨酸	6.272	6.511	3.833	7.081	9.028	15.219	9.733	3.439	27.914	6.545	7.085	7.914
丝氨酸	1.120	1.719	0.771	9.814	16.060	15.007	2.101	3.837	5.837	3.603	2.406	1.894
甘氨酸	9.491	7.695	12.628	6.446	10.822	4.919	5.189	4.654	7.335	9.062	16.116	17.324
精氨酸*	5.592	5.183	4.743	4.184	2.555	1.118	2.454	5.292	5.928	2.014	3.007	3.563
组氨酸*	99.342	190.518	103.651	179.961	186.658	138.797	135.337	280.235	166.687	150.336	203.292	212.567
苏氨酸*	4.152	6.294	3.153	9.425	9.448	4.601	15.876	10.018	12.101	8.941	17.598	13.728
丙氨酸	56.526	122.069	40.698	109.457	66.206	38.017	26.236	93.721	109.409	38.878	122.344	161.317
脯氨酸	10.852	25.217	10.456	21.153	21.852	14.857	15.661	59.563	23.049	18.978	94.591	43.706
半胱氨酸	27.507	41.209	52.114	61.994	173.262	61.788	22.343	41.196	79.424	31.413	242.159	122.748
酪氨酸	13.766	17.598	21.715	60.049	51.426	36.175	54.774	43.038	70.478	19.476	33.478	41.333
缬氨酸*	5.241	10.628	4.868	11.071	18.495	6.852	5.512	12.122	10.418	6.710	10.395	18.125
甲硫氨酸*	0.529	13.524	3.083	15.881	43.106	27.053	16.773	22.338	18.461	7.024	9.264	20.775
异亮氨酸*	5.702	9.954	11.719	14.036	17.121	11.347	9.799	10.392	17.360	8.585	24.231	20.051
亮氨酸*	6.117	13.075	10.551	12.071	12.373	6.738	3.944	14.099	15.005	11.018	10.689	16.643
苯丙氨酸*	2.735	6.432	17.519	5.421	3.799	3.107	12.227	5.826	6.616	2.612	4.266	6.047
赖氨酸*	1.221	2.784	1.003	2.493	2.773	1.042	1.093	3.659	3.044	1.159	2.082	4.107
总氨基酸	256.441	480.806	302.571	531.052	646.283	389.367	350.467	614.201	581.657	327.446	803.859	712.617

注: *表示必需氨基酸, ※表示半必需氨基酸。

表 3 12 个果桑品种桑叶不同种类氨基酸含量 单位: μmol/g

项目	无籽大十	白珍珠	红玛瑙	72C002	长果桑	香金萼	鸡甜桑	垂桑	46C019	龙桑	白玉王	果仙一号
必需氨基酸	25.697	62.681	51.896	70.397	107.075	60.744	65.224	78.491	83.005	46.049	78.525	99.476
非必需氨基酸	230.644	418.115	250.675	460.655	539.208	328.631	285.243	535.710	498.652	281.397	725.264	613.141
鲜味氨基酸	6.448	6.907	3.899	7.597	10.367	17.952	21.148	4.175	30.505	7.637	7.871	8.689
甜味氨基酸	82.141	162.994	67.706	156.295	124.388	77.401	65.063	171.792	157.731	79.462	253.055	237.969
苦味氨基酸	125.258	249.314	156.134	242.624	284.107	195.012	186.046	350.304	240.475	188.299	265.144	297.771
药效氨基酸	45.371	59.674	72.058	98.261	94.115	71.051	100.829	80.743	138.911	52.978	77.509	97.706

2.3 果桑桑叶氨基酸评价

本研究采用FAO/WHO氨基酸评分模式对12个果桑品种叶片的必需氨基酸组成进行评价(表4)。分析表明,各品种桑叶氨基酸组成存在普遍而显著的不平衡性。含硫氨基酸(甲硫氨酸+胱氨酸)在所有品种中均呈现极度富集,其AAS值介于295.43%(‘垂桑’)至956.57%(‘长果桑’),平均值高达538.59%,表明桑叶是该类氨基酸的优

异来源。赖氨酸的AAS值在所有必需氨基酸中最低,明确为第一限制性氨基酸,苏氨酸除‘鸡甜桑’(113.25%)外均未达标,为第二限制性氨基酸。

氨基酸比值系数(RC)理想模式下应接近1。结果显示,所测品种叶片赖氨酸的RC值均远小于1,苏氨酸、缬氨酸和亮氨酸的RC值也普遍低于0.5,共同构成了主要的限制因素;与之相反,

甲硫氨酸+胱氨酸的 RC 值多大于 3, 苯丙氨酸+酪氨酸的 RC 值多大于 1, 表明这些氨基酸相对过剩。综合 AAS 均值(范围 85.64%~184.83%)来看, ‘长果桑’‘白玉王’等品种因含硫氨基酸的极端富集而均值较高, 但这并不能掩盖其整体氨基酸

模式失衡的本质, 蛋白质的营养价值仍主要受限与最低的赖氨酸。以上结果表明, 果桑叶片蛋白质资源具有含硫氨基酸高度富集与赖氨酸严重缺乏并存的核心营养特征。

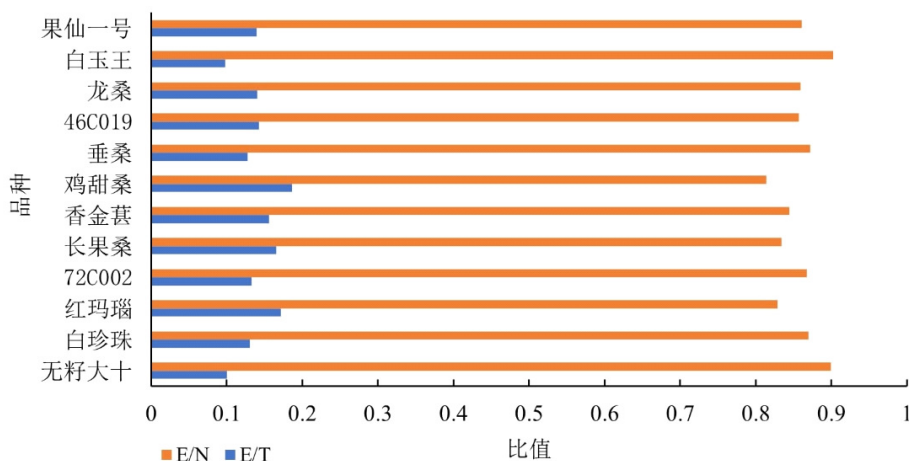


图 1 12 个品种果桑桑叶必需氨基酸占比分析

注: E/N 为必需氨基酸与非必需氨基酸的比值; E/T 为必需氨基酸与总氨基酸的比值。

3 小结

本研究对海南地区 12 个果桑品种夏伐桑叶的营养成分进行了系统分析, ‘白珍珠’‘46C019’‘白玉王’和‘果仙一号’等 4 个品种的粗蛋白含量较高, 分别是 215.831、212.625、209.413、204.444 mg/g, 均达到国内优质桑叶的上限水平^[19]。‘果仙一号’(2.57%)和‘白玉王’(4.35%)的粗纤维含量远低于文献报道的全国桑叶常规范围下限^[6], 这种“低纤维”特性意味着更优的适口性和潜在消化率。‘白玉王’(12.32%)与‘46C019’(10.41%)的粗脂肪含量普遍高于范围上限^[20], 赋予了其更高的能量密度。供试品种叶片灰分含量(8.74%~15.31%)印证了桑叶富含矿物质的共性, 其中‘果仙一号’‘长果桑’含量突出, 高达 15.305%、13.643%, 是优质的矿物质来源。

氨基酸分析显示‘白玉王’‘果仙一号’的总氨基酸含量最高, 具有作为全面氨基酸补充源的潜力。深入分析, 发现果桑叶片氨基酸具有两个关键特征。第一, 桑叶存在独特的“氨基酸富集模式”, 所有品种均表现出异常高的组氨酸含量,

这在婴幼儿营养及特殊医学用途配方食品方面具有价值。‘46C019’的谷氨酸含量(27.914 $\mu\text{mol/g}$)最高, 具有开发天然鲜味剂或风味增强产品的潜力。‘白玉王’的半胱氨酸含量极为突出, 半胱氨酸是合成内源性抗氧化剂谷胱甘肽的关键前体, 这表明该品种可能具有极强的抗氧化生物活性。第二, 明确了果桑桑叶蛋白质营养的“优势与限制”, 本研究证实, 果桑桑叶蛋白普遍存在含硫氨基酸(甲硫氨酸+半胱氨酸)高度富集而赖氨酸严重缺乏的特征, 这一模式并非缺陷, 而是指明了定向利用的方向: 果桑桑叶蛋白不宜作为唯一蛋白源, 但可作为极佳的特种氨基酸补充剂。

基于上述分析, 本研究倡导“品种专用化”的产业发展思路, 摒弃追求“万能型”品种的传统观念。综合评价筛选出的 3 个核心优良品种, 其差异化定位如下。‘果仙一号’定位为高效饲用资源, 其“高蛋白(20.44%)、极低纤维(2.57%)、高灰分(15.31%)”的特征, 完美符合现代养殖业对饲料“高营养密度、高消化率”的核心要求, 饲用价值突出。‘白玉王’定位为高值功能原料, 其“高蛋

白、高脂肪、高总氨基酸”的特性,特别是极高的半胱氨酸含量,预示其在功能性饲料添加剂、抗氧化保健品等领域具有独特开发潜力。‘46C019’定位为风味与能量型资源,高脂肪、高总糖提供充足能量,高谷氨酸含量带来鲜美风味,适合开发风味化饲料或作为汤料、茶饮的优质原料。

表 4 12 个品种果桑叶的必需氨基酸与 FAO/WHO 模式的分析对比

品种	项目	苏氨酸	缬氨酸	甲硫氨酸+胱氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸+酪氨酸	赖氨酸	RAA 均值	AAS 均值/%
无籽大十	RAA	0.405	0.409	3.124	0.556	0.341	1.073	0.086	0.856	
	AAS/%	40.487	40.883	312.482	55.614	34.091	107.291	8.656		85.641
	RC	0.473	0.478	3.649	0.649	0.398	1.253	0.101		
白珍珠	RAA	0.327	0.442	3.258	0.518	0.389	0.833	0.105	0.838	
	AAS/%	32.730	44.220	325.370	51.750	38.840	83.300	10.530		83.820
	RC	0.391	0.528	3.882	0.618	0.463	0.994	0.126		
红玛瑙	RAA	0.260	0.322	5.211	0.968	0.499	2.163	0.060	1.355	
	AAS/%	26.000	32.200	521.140	96.750	49.860	216.330	6.000		135.470
	RC	0.192	0.238	3.846	0.714	0.368	1.596	0.044		
72C002	RAA	0.443	0.416	4.189	0.660	0.324	2.055	0.085	1.168	
	AAS/%	44.250	41.600	418.860	66.000	32.430	205.500	8.540		116.740
	RC	0.379	0.356	3.588	0.565	0.278	1.761	0.073		
长果桑	RAA	0.365	0.572	9.566	0.663	0.273	1.423	0.076	1.848	
	AAS/%	36.500	57.200	956.570	66.250	27.300	142.330	7.640		184.830
	RC	0.198	0.309	5.176	0.359	0.148	0.771	0.041		
香金萼	RAA	0.295	0.352	6.520	0.728	0.247	1.680	0.049	1.411	
	AAS/%	29.500	35.200	652.000	72.750	24.710	168.000	4.910		141.010
	RC	0.209	0.249	4.623	0.516	0.175	1.191	0.035		
鸡甜桑	RAA	1.133	0.314	3.191	0.700	0.161	3.190	0.056	1.249	
	AAS%	113.250	31.400	319.140	70.000	16.140	319.000	5.640		124.940
	RC	0.906	0.251	2.555	0.560	0.129	2.553	0.045		
垂桑	RAA	0.408	0.394	2.954	0.423	0.329	1.325	0.109	0.849	
	AAS/%	40.751	39.400	295.430	42.250	32.860	132.500	10.910		84.870
	RC	0.481	0.464	3.481	0.498	0.388	1.561	0.129		
46C019	RAA	0.520	0.358	4.809	0.745	0.369	2.208	0.095	1.301	
	AAS/%	52.000	35.800	480.860	74.500	36.868	220.830	9.450		130.040
	RC	0.399	0.275	3.697	0.573	0.283	1.698	0.073		
龙桑	RAA	0.683	0.410	3.351	0.655	0.480	1.123	0.065	0.967	
	AAS/%	68.250	41.000	335.140	65.500	48.000	112.330	6.450		96.670
	RC	0.706	0.424	3.466	0.678	0.497	1.162	0.067		
白玉王	RAA	0.548	0.258	8.943	0.753	0.190	0.782	0.047	1.646	
	AAS/%	54.750	25.800	894.290	75.250	19.000	78.170	4.730		164.570
	RC	0.333	0.157	5.435	0.457	0.116	0.475	0.029		
果仙一号	RAA	0.483	0.508	5.754	0.703	0.334	1.108	0.105	1.285	
	AAS/%	48.250	50.800	575.430	70.250	33.430	110.830	10.540		128.500
	RC	0.376	0.395	4.478	0.547	0.261	0.863	0.082		

参考文献:

[1] 李来成,张士凯,许方舟,等. 桑叶综合利用的研究进展 [J]. 食品工业科技,2022,43(2):397-404.

[2] 万正中,彭波. 果桑优质高产栽培技术[J]. 广东蚕业, 2020,54(11):1-2.

[3] 许淑琼,叶建美. 桑叶综合利用现状及发展方向[J].

湖北农业科学,2017,56(22):4221-4224.

[4] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:中国医药科学出版社,2020:311.

[5] 原卫生部. 卫生部关于进一步规范保健食品原料管理的通知 [EB/OL]. 2002- 03- 11. <https://www.nhc.gov.cn/sps/c100088/200203/33c67ea059284ceea9e45ce61271cd>

- 12.shtml.
- [6] 张龙飞,齐晓龙,张海军,等. 桑叶的营养特性及其在家禽生产中的应用[J]. 中国家禽,2025,47(2):151-158.
- [7] 肖建中,李霞,叶添梅,等. 不同比例桑叶粉颗粒日粮对浏阳黑山羊生长性能及肉品质的影响[J]. 家畜生态学报,2022,43(11):25-30.
- [8] 杨玉珍. 桑叶有效成分的提取、生物学功能及动物生产中的应用[J]. 饲料研究,2022,45(15):156-159.
- [9] 刘军,肖更生,廖森泰,等. 不同品种桑叶的营养组成与品质评价[J]. 现代食品科技,2011,27(12):1520-1523,1526.
- [10] 邹湘月,李章保,李霞,等. 90份桑树种质资源桑叶品质的综合评价[J]. 蚕业科学,2023,49(4):313-323.
- [11] 张椿翊,黄小兰,黄文平,等. 柱前衍生-超高效液相色谱测定不同品种桑枝中的17种氨基酸的含量[J]. 食品与发酵工业,2022,48(16):277-283.
- [12] 谢唯,欧娜,李志鹏,等. 桑枝栽培榆黄蘑子实体的氨基酸组成分析及蛋白质营养价值评价[J]. 中国食用菌,2024,43(3):56-62.
- [13] 刘培基,崔文甲,王文亮,等. 食用菌风味物质及其在美拉德反应中的研究进展[J]. 食品研究与开发,2020,41(15):188-193.
- [14] 柳利龙,张爱琴,徐瑞,等. 甘肃省陇中地区小米游离氨基酸组成及综合评价[J]. 食品工业科技,2024,45(13):281-291.
- [15] ZHAO CJ, SCHIEBER A, GAENZLE MG, et al. Formation of taste-active amino acids, amino acid derivatives and peptides in food fermentations-areview [J]. Food Research International, 2016, 89(1):39-47.
- [16] MAEHASHI K, MATANO M, WANG H, et al. Bitter peptides activate hTAS2Rs, the human bitter receptors [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2008, 365(4):851-855.
- [17] SCHLICHTERLE-CERNY H, AMADO R. Analysis of taste-active compounds in an enzymatic hydrolysate of deamidated wheat gluten [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(6):1515-1522.
- [18] 乔禹,李庆聪,冯岩晃,等. 云南不同来源齿瓣石斛中氨基酸营养价值评价[J]. 食品安全质量检测学报,2025,16(10):309-317.
- [19] 周婵,吕金凤,曾秀,等. 重庆地区15种饲料用桑树不同生长期粗蛋白含量的动态分析[J]. 畜牧与饲料科学,2018,39(6):32-35.
- [20] 敬成俊,代方银,杜木英,等. 10份不同地理来源桑种质资源冬桑叶中的营养与活性成分含量测定[J]. 蚕业科学,2014,40(2):339-343.