

不同产地乌饭树叶游离氨基酸组成分析及综合评价

周鹏¹,李飞¹,黄婧¹,赵青²,张敏^{1*}

(1. 江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153; 2. 南京林业大学,江苏 南京 210037)

摘要:为了研究不同产地乌饭树叶中游离氨基酸综合品质的差异,该研究以5个产地的乌饭树为对象,采用氨基酸自动分析仪对乌饭树叶中游离氨基酸种类和含量进行测定,利用主成分分析法进行综合评价。结果表明:乌饭树叶中游离氨基酸种类丰富,共检测出27种游离氨基酸,其中包括7种人体必需氨基酸;总游离氨基酸在0.346—1.184 mg/g之间。不同产地间乌饭树叶游离氨基酸组成和含量存在差异。通过主成分分析提取3个主成分,累计方差贡献率为88.027%。综合评价5个产地乌饭树叶游离氨基酸综合品质的优劣顺序为:安徽宣城>江苏溧阳>湖南白云山>江西上犹>安徽黄山。

关键词:乌饭树;品质评价;游离氨基酸;主成分分析;产地

中图分类号:Q517;Q591.2;S567.1⁺9 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2021.04.002

Comprehensive evaluation and analysis of free amino acid composition of leaves of *Vaccinium bracteatum* from different producing areas

Zhou Peng¹, Li Fei¹, Huang Jing¹, Zhao Qing², Zhang Min^{1*}

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China; 2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to analyze the differences in the comprehensive quality of free amino acids in the leaves of *Vaccinium bracteatum* from different producing areas, the free amino acids were determined by automatic amino acid analyzer, and the systematic evaluation were performed by principal component analysis and subordinate function method. The results showed that the total free amino acids ranged from 0.346 mg/g to 1.184 mg/g. The *V. bracteatum* leaves from different producing areas contained 27 kinds of free amino acids, with 7 kinds of essential amino acids. There were differences in the kinds and contents of amino acid among different producing areas. Three principal components were extracted by principal component analysis, and the cumulative variance contribution rate was 88.027%. The *V. bracteatum* quality based on free amino acid content was shown in order as Xuancheng in Anhui, Liyang in Jiangsu, Mount Baiyun in Hunan, Shangyou in Jiangxi and Mount Huang in Anhui.

Key words: *Vaccinium bracteatum*; Quality assessment; Free amino acids; Principal component analysis; Producing area

乌饭树 (*Vaccinium bracteatum* Thunb.) 为杜鹃花科 (Ericaceae) 越桔属常绿灌木, 主要分布于长江以南低海拔山地^[1]。作为我国传统的药食同源植物, 具有极高的食用和药用价值。乌饭树叶在我国食用历史悠久, 江、浙、闽一带素有用乌饭树嫩叶制作乌米饭食用的习俗^[2], 叶片提取物已广泛应用于食品工业, 如乌饭米、乌饭粽、乌饭酒等, 具有较大

的市场前景。研究表明, 乌饭树叶不仅含有丰富的类黄酮化合物, 还含有萜类、甾醇、有机酸和氨基酸等次生代谢产物, 以及丰富的糖类、蛋白质、微量元素等营养物质, 极具保健药用价值, 开发利用前景广阔^[3-4]。然而, 目前有关乌饭树的报道主要集中在类黄酮化合物提取^[5]及其抗氧化^[6]、抗肿瘤^[7]等药理研究等方面, 对其他活性成分的研究还有待

收稿日期:2021-05-23;修回日期:2021-06-25

基金项目:中央财政林业科技推广示范资金项目“乌饭树良种繁育及栽培技术推广”(苏[2019]TG02);江苏省林业科技创新与推广项目“优良林下地被植物高效栽培技术研究与示范”(LYKJ[2019]17)

作者简介:周鹏(1989-),男,江苏东台人,助理研究员,硕士。主要从事野生植物开发利用和组织培养技术研究。

*通信作者:张敏(1980-),女,内蒙古乌海人,研究员,博士。主要从事生物技术与林木花卉良种繁育工作。

探索。

氨基酸广泛存在于植物组织细胞中,除参与合成蛋白质外,在植物的生长发育、物质代谢和营养价值等方面起着非常重要的作用^[8]。游离氨基酸是一种重要生物活性物质,可被人体直接吸收,具有重要的生理功能和药用价值,其组成与含量是评价食品营养价值的重要指标,不仅能判断食品的营养状况,而且作为食品加工或中药炮制过程中参与美拉德反应的底物之一,与食品的风味和药物的药效有着密切的关系^[9-10]。前期有学者对乌饭树叶蛋白质营养价值进行了全面评价,发现乌饭树叶蛋白中氨基酸种类比较齐全^[11]。但至今有关乌饭树叶中游离氨基酸的研究尚未见报道,因此,对乌饭树叶中游离氨基酸组成种类和含量等品质指标开展研究,对提高其种质资源开发利用具有重要意义。

本研究收集了5个产地的乌饭树叶材料,采用全自动氨基酸分析仪分析测定其游离氨基酸组成和含量,并利用主成分分析法对不同产地乌饭树叶游离氨基酸品质进行综合评价,以期从氨基酸的角度科学评价乌饭树叶的食药用价值及优良种质资源的筛选提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

乌饭树叶采自湖南白云山、安徽黄山、江西上犹、江苏溧阳以及安徽宣城5个产地。采集时用硅胶保存并带回实验室,擦拭干净,60℃烘干至恒质量,粉碎后过60目筛备用。

氨基酸标准品(含量 $\geq 98\%$)购于北京盛世康普化工技术研究院;水合茛三酮(99%纯度)、磺基水杨酸、盐酸、柠檬酸钠均为分析纯。

1.2 仪器与设备

L-8900全自动氨基酸分析仪(日本日立高新技术公司);FW100型高速万能粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司);EPED-E1-20TF型实验室级超纯水器(南京易普易达科技发展有限公司);SQP型电子天平(北京赛多利斯科学仪器有限公司);DHG-9423A型电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司);SHZ-DIII型循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 游离氨基酸测定的样品制备 准确称取0.300 g乌饭树叶干燥粉末于试管中,加入45 mL沸

蒸馏水,并立刻移入沸水浴中浸提45 min(每隔10 min摇动1次),过滤,定容50 mL,摇匀。取25 mL待测样液,加入22.5 mL的10%磺基水杨酸,5 000 rpm离心20 min,取上清液,冻干后,加入1 mL样品稀释液溶解,过0.22 μm 水系微孔滤膜,上机待测。

1.3.2 标准溶液和茛三酮溶液的制备 混合氨基酸标准储备液(1 $\mu\text{mol}/\text{mL}$):分别准确称取单个氨基酸标准品(精确至0.000 01 g)共同置于50 mL烧杯中,用8.3 mL 6 mol/L盐酸溶液溶解,用水稀释定容250 mL,混匀;氨基酸标准工作液(100 nmol/mL):准确吸取混合氨基酸标准储备液1.0 mL,用pH 2.2柠檬酸钠缓冲溶液定容10 mL,混匀,为标准上机液。1%茛三酮溶液:准确称取1 g水合茛三酮,用1 mol/L乙酸锂-二甲基亚砷溶液定容100 mL,溶解后倒入棕色瓶中,保存备用。

1.3.3 氨基酸自动分析条件 采用L-8900氨基酸自动分析仪进行分析测定,试验方法参照刘伟等^[12],并用系统自带软件进行初步数据整理。检测波长为440, 570 nm,柱温57℃,反应柱温度135℃,分离柱为阳离子交换树脂2619,茛三酮溶液流速为0.35 mL/min,缓冲液流速为0.40 mL/min,进样量为20 μL 。采用系统自带的软件进行数据分析,对每个样品图谱进行积分后选定校正文件进行计算。

1.4 数据统计与分析

数据采用Excel 2003和SPSS 20.0进行统计分析。参照薛敏等^[13]的方法进行游离氨基酸品质综合评价。采用SPSS软件对数据进行主成分分析,依据方差累计贡献率 $\geq 85\%$ 的标准提取主成分,以各主成分对应的方差相对贡献率作为权重,并利用各主成分得分和相应权重相乘后求和得到综合评价函数来进行综合评价。

2 结果与分析

2.1 不同产地乌饭树叶游离氨基酸组分和含量

由表1可知,从乌饭树叶中共检测出27种游离氨基酸,其中包括7种人体必需氨基酸,分别为亮氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、缬氨酸、色氨酸、蛋氨酸以及苯丙氨酸;7种非必需氨基酸,分别为甘氨酸、组氨酸、谷氨酸、精氨酸、丙氨酸、酪氨酸及胱氨酸;以及牛磺酸、磷酸丝氨酸、天冬酰胺、瓜氨酸、磷酸乙醇胺、 α -氨基丁酸、 β -丙氨酸、 α -氨基己

二酸、 γ -氨基丁酸、 β -氨基异丁酸、1-甲基组氨酸、3-甲基组氨酸及鸟氨酸等具有重要生物学意义的游离氨基酸。不同产地间乌饭树叶中游离氨基酸在含量和组成上存在差异(见表1)。其中,江西上犹含有的游离氨基酸种类最多(25种),江苏溧阳的有24种,湖南白云山和安徽宣城的均有23种,而安徽黄山的最少(仅21种)。乌饭树叶游离氨基酸总量在0.346—1.184 mg/g之间。其中江苏溧阳产地游离氨基酸含量最高,安徽宣城产地略低,安徽黄山产地含量最低。在检测的27种氨基酸中,精氨酸在5个不同产地乌饭树叶片中含量较高,平均含量为0.095 mg/g;3-甲基组氨酸含量最低,平均含量低于0.001 mg/g。

表1 乌饭树叶游离氨基酸组成及含量 mg/g

序号	氨基酸	产地				
		湖南 白云山	安徽 黄山	江西 上犹	江苏 溧阳	安徽 宣城
1	磷酸丝氨酸	0.085	0.045	0.056	0.128	0.116
2	牛磺酸	0.006	0.028	0.017	0.032	0.010
3	磷酸乙醇胺	0.010	0.008	0.015	0.016	0.003
4	天冬酰胺	0.096	0.000	0.073	0.000	0.000
5	谷氨酸	0.014	0.000	0.010	0.000	0.000
6	α -氨基己二酸	0.000	0.011	0.011	0.045	0.030
7	甘氨酸	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000
8	丙氨酸	0.049	0.002	0.003	0.007	0.003
9	瓜氨酸	0.000	0.079	0.035	0.222	0.072
10	α -氨基丁酸	0.002	0.000	0.000	0.015	0.002
11	缬氨酸*	0.016	0.011	0.011	0.016	0.069
12	胱氨酸	0.003	0.003	0.001	0.001	0.002
13	蛋氨酸*	0.002	0.000	0.008	0.002	0.008
14	异亮氨酸*	0.005	0.006	0.006	0.009	0.052
15	亮氨酸*	0.004	0.004	0.010	0.009	0.037
16	酪氨酸	0.055	0.034	0.036	0.060	0.078
17	苯丙氨酸*	0.012	0.006	0.011	0.031	0.028
18	β -丙氨酸	0.017	0.004	0.005	0.004	0.005
19	β -氨基异丁酸	0.032	0.007	0.016	0.039	0.002
20	γ -氨基丁酸	0.129	0.069	0.176	0.080	0.116
21	组氨酸	0.003	0.002	0.003	0.008	0.012
22	3-甲基组氨酸	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000
23	1-甲基组氨酸	0.003	0.000	0.001	0.003	0.001
24	色氨酸*	0.000	0.001	0.013	0.011	0.018
25	鸟氨酸	0.010	0.005	0.005	0.006	0.002
26	赖氨酸*	0.007	0.006	0.010	0.014	0.042
27	精氨酸	0.018	0.007	0.005	0.424	0.023
总游离氨基酸		0.579	0.346	0.537	1.184	0.731

注:* 为人体必需氨基酸

2.2 主成分分析

以游离氨基酸含量为分析指标,对27种游离氨基酸进行主成分分析,特征根、方差贡献率及累积贡献率结果如表2所示。依据累积方差贡献率大于85%的原则,确定3个主成分。第1主成分的特征值为10.677,代表了不同产地乌饭树叶中27种游离氨基酸含量全部性状39.546%的信息;第2主成分的特征值为7.538,代表了27.918%的信息;第3主成分的特征值为5.552,代表了20.563%的信息。前3个主成分的累积贡献率达到88.027%。

表2 主成分的初始特征值

成份	初始特征值		
	特征值	方差的贡献率/%	累积贡献率/%
1	10.677	39.546	39.546
2	7.538	27.918	67.464
3	5.552	20.563	88.027
4	3.233	11.973	100.000

根据主成分的成分矩阵结果与主成分的初始特征值,计算各变量对各主成分的方差贡献率以及累积贡献率(见表3)。由表3可以看出,可解释主成分1的指标变量有组氨酸、 α -氨基己二酸、苯丙氨酸、赖氨酸、色氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、鸟氨酸、酪氨酸、磷酸丝氨酸、谷氨酸、缬氨酸、瓜氨酸、天冬酰胺和丙氨酸;可解释主成分2的指标变量有 β -氨基异丁酸、3-甲基组氨酸、精氨酸、磷酸乙醇胺、瓜氨酸、 α -氨基丁酸、1-甲基组氨酸、牛磺酸、蛋氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、亮氨酸和鸟氨酸;可解释主成分3的指标变量有甘氨酸、 β -丙氨酸、丙氨酸、牛磺酸、谷氨酸、1-甲基组氨酸、天冬酰胺、酪氨酸、磷酸丝氨酸、 γ -氨基丁酸、鸟氨酸以及 β -氨基异丁酸。

2.3 综合评价

各主成分得分见表4,第1主成分得分最高的是安徽宣城,其次是湖南白云山,江西上犹得分最低;第2主成分得分最高的是江苏溧阳,得分最低的是安徽黄山;第3主成分得分最高的是湖南白云山,其次是安徽宣城,安徽黄山得分最低。以每个主成分对应的方差相对贡献率作为权重建立综合评价模型,综合得分(F)= $F_1 \times 0.3955 + F_2 \times 0.2792 + F_3 \times 0.2056$ 。综合得分排名依次为安徽宣城、江苏溧阳、湖南白云山、江西上犹、安徽黄山。说明安徽宣城产的乌饭树叶中游离氨基酸综合质量最好,其次为江苏溧阳和湖南白云山,而江西上犹与安徽黄山较差。

表3 指标变量对主成分的贡献率及累积贡献率

%

氨基酸	第1主成分		氨基酸	第2主成分		氨基酸	第3主成分	
	贡献率	累积贡献率		贡献率	累积贡献率		贡献率	累积贡献率
组氨酸	8.461	8.461	3-甲基组氨酸	11.682	11.682	甘氨酸	12.901	12.901
苯丙氨酸	7.277	15.739	β -氨基异丁酸	10.832	22.515	牛磺酸	10.944	23.845
α -氨基己二酸	7.251	22.989	精氨酸	10.528	33.043	β -丙氨酸	9.743	33.588
赖氨酸	6.687	29.676	α -氨基丁酸	10.233	43.276	丙氨酸	8.686	42.275
色氨酸	6.456	36.133	磷酸乙醇胺	6.892	50.168	1-甲基组氨酸	8.619	50.893
亮氨酸	6.050	42.182	瓜氨酸	6.713	56.881	谷氨酸	7.295	58.188
异亮氨酸	5.675	47.857	1-甲基组氨酸	6.249	63.130	天冬酰胺	6.947	65.135
磷酸丝氨酸	5.246	53.103	牛磺酸	4.526	67.656	酪氨酸	5.697	70.832
鸟氨酸	5.229	58.332	异亮氨酸	3.840	71.496	γ -氨基丁酸	5.296	76.128
酪氨酸	5.176	63.509	蛋氨酸	3.829	75.325	磷酸丝氨酸	3.970	80.098
缬氨酸	5.140	68.649	亮氨酸	3.825	79.151	鸟氨酸	2.957	83.056
谷氨酸	4.989	73.637	缬氨酸	3.779	82.929	β -氨基异丁酸	2.531	85.587
天冬酰胺	4.930	78.567	鸟氨酸	3.158	86.087	蛋氨酸	2.368	87.955
瓜氨酸	3.467	82.034	α -氨基己二酸	2.718	88.805	瓜氨酸	2.229	90.184
丙氨酸	3.131	85.166	赖氨酸	2.656	91.461	缬氨酸	1.750	91.934
胱氨酸	2.926	88.092	磷酸丝氨酸	2.377	93.839	苯丙氨酸	1.699	93.633
β 丙氨酸	2.921	91.013	γ -氨基丁酸	1.947	95.785	赖氨酸	1.240	94.873
α -氨基丁酸	2.118	93.131	苯丙氨酸	1.693	97.479	亮氨酸	1.138	96.010
精氨酸	1.890	95.021	胱氨酸	0.786	98.265	异亮氨酸	1.027	97.037
蛋氨酸	1.326	96.347	色氨酸	0.683	98.948	组氨酸	1.026	98.063
甘氨酸	0.929	97.276	甘氨酸	0.419	99.367	3-甲基组氨酸	0.928	98.992
磷酸乙醇胺	0.771	98.047	丙氨酸	0.414	99.781	色氨酸	0.435	99.427
3-甲基组氨酸	0.634	98.681	β -丙氨酸	0.097	99.878	α -氨基己二酸	0.305	99.732
γ -氨基丁酸	0.545	99.226	天冬酰胺	0.057	99.935	胱氨酸	0.132	99.865
β -氨基异丁酸	0.387	99.613	谷氨酸	0.039	99.974	精氨酸	0.053	99.917
牛磺酸	0.359	99.972	组氨酸	0.018	99.992	磷酸乙醇胺	0.046	99.964
1-甲基组氨酸	0.028	100.000	酪氨酸	0.006	99.998	α -氨基丁酸	0.036	100.000

表4 不同产地乌饭树叶的各成分得分与综合得分

产地	各主成分得分			综合得分 (F)
	第1主成分得分(F_1)	第2主成分得分(F_2)	第3主成分得分(F_3)	
湖南白云山	-0.171	-0.135	1.747	0.254
安徽黄山	-0.603	-0.748	-0.807	-0.613
江西上犹	-0.773	-0.529	-0.302	-0.515
江苏溧阳	-0.180	1.742	-0.356	0.342
安徽宣城	1.726	-0.330	-0.282	0.532

3 结论与讨论

随着经济水平增长和人民生活水平提高,乌饭树作为药食两用资源深受人们的喜爱,市场潜力巨大。为更好地开发利用乌饭树野生资源,充分挖掘

其营养食味品质,本研究对5个不同产地的乌饭树叶游离氨基酸品质进行分析和综合评价,建立综合评价模型,为乌饭树品种的选育及产品的开发提供依据。结果表明,乌饭树叶中共检测出27种游离氨基酸,总游离氨基酸在0.346—1.184 mg/g之间。乌饭树叶中总游离氨基酸含量明显低于茶叶^[14-15]、药用植物紫苏^[16]等,但游离氨基酸种类十分丰富,与茶叶^[17]相当,说明从氨基酸的角度来说,乌饭树叶具有作为补充氨基酸的功能性食品的潜力。

游离氨基酸属于植物次生代谢产物,其品质的差异性很大程度上会受到种植点、环境及气候等因素的影响^[18-19]。许多植物如芡实(*Semen Euryales*)^[18]、菊花(*Chrysanthemum morifolium*)^[9]、泽泻(*Alisma plantago-aquatica*)^[20]、雪茄^[21]、白茶^[14]等

的氨基酸均存在明显的地理变异。与上述研究结果类似,本研究中乌饭树叶游离氨基酸的组分和含量在各产地间存在较大程度的变异,这种变异意味着乌饭树具有丰富的遗传多样性^[1],这可能是乌饭树自身遗传特性以及生长环境因素共同作用的结果,其形成和影响机制仍需进一步深入探讨。同时,乌饭树产地间丰富的遗传变异也证实了进行优良产地的筛选具有重要的意义。

本研究从乌饭树叶中检测出的游离氨基酸成分复杂,分析困难,因此选择一种科学的统计分析方法至关重要。主成分分析是一种利用降维思想,将多个变量转化为少数几个综合变量的数学统计工具^[22]。目前此方法已被广泛应用于农产品品质综合评价。薛敏等^[13]利用 PCA 建立了不同品种猕猴桃果实游离氨基酸品质综合评价模型;李俊芳等^[22]对采用主成分分析法对 10 种桑椹的游离氨基酸成分进行分析及综合评价;黄小兰等^[10]通过主成分分析和聚类分析对不同产地地参样品氨基酸进行差异分析和综合评价。本研究采用主成分分析对不同产地间乌饭树叶中游离氨基酸品质进行综合评价。综合得分排名产地依次为安徽宣城、江苏溧阳、湖南白云山、江西上犹、安徽黄山。以氨基酸判定各产地乌饭树的种质,得出安徽宣城为乌饭树叶游离氨基酸开发利用的优良种源。我国乌饭树种植范围广泛,在今后研究中还需扩大采样量和采样范围,同时应综合考虑其他营养成分,以期筛选出综合品质优良的乌饭树食药用品种。

参考文献:

- [1] 张 敏,陈庆生,黄 婧,等.乌饭树的地理分布及潜在分布区分析[J].江苏林业科技,2019,46(4):1-8.
- [2] FAN M C, FAN Y H, RAO Z M, et al. Comparative investigation on metabolite changes in 'Wu mi' production by *Vaccinium bracteatum* Thunb. leaves based on multivariate data analysis using UPLC-QToF-MS[J]. Food Chemistry, 2019,286: 145-153.
- [3] 赵 青,陈庆生,方炎明,等.乌饭树化学成分和药理活性研究进展[J].中药材,2016,39(6):1437-1440.
- [4] 王 立,练伟佳,李 言,等.乌饭树资源开发利用研究进展[J].中草药,2018,49(17):4197-4204.
- [5] 周 鹏,赵 青,黄 婧,等.响应面法优化乌饭树叶总黄酮超声提取工艺的研究[J].江苏林业科技,2020,47(3):1-6.
- [6] MARSIK P, LANDA P, LADOVA P, et al. Anti-inflammatory and anti-oxidative activity of *Vaccinium bracteatum* [J]. Planta Medica, 2019,75(9):1059-1060.
- [7] WANG L, XU H N, YAO H, et al. Phenolic composition and radical scavenging capacity of *Vaccinium Bracteatum* Thunb. leaves [J]. International Journal of Food Properties, 2011, 14(4): 721-725.
- [8] 云金虎,江 皓,韩文学,等.不同品种海棠叶茶游离氨基酸组成分析与评价[J].食品与发酵工业,2020,46(19):237-243.
- [9] 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.
- [10] 黄小兰,何旭峰,杨 勤,等.不同产地地参中 17 种氨基酸的测定与分析[J].食品科学,2021,42(2):255-261.
- [11] 钱爱萍,林 虬,颜孙安,等.乌饭树叶蛋白质中氨基酸含量及营养价值评价[J].福建农业学报,2008,23(3):306-309.
- [12] 刘 伟,张 群,李志坚,等.不同品种黄花菜游离氨基酸组成的主成分分析及聚类分析[J].食品科学,2019,40(10):243-250.
- [13] 薛 敏,高贵田,赵金梅,等.不同品种猕猴桃果实游离氨基酸主成分分析与综合评价[J].食品工业科技,2014,35(5):1-5.
- [14] 张丹丹,叶小辉,赵 峰,等.基于游离氨基酸组分的白茶滋味品质研究[J].福建农业学报,2016,31(5):515-520.
- [15] 周国兰,何 萍,郑文莉,茆三酮比色法测定茶叶中游离氨基酸总量方法存在问题的探讨[J].化学分析计量,2009,18(5):79-81.
- [16] 金石诚,刘忠伟,沈 奇,等.贵州紫苏叶中氨基酸及游离氨基酸含量分析[J].山地农业生物学报,2016,35(4):13-17.
- [17] 王雪萍,滕 靖,郑 琳,等.不同鲜叶嫩度名优绿茶氨基酸组分差异分析[J].食品研究与开发,2019,40(14):166-170.
- [18] 陈 蓉,吴启南,沈 蓓.不同产地芡实氨基酸组成分析与营养价值评价[J].食品科学,2011,32(15):239-244.
- [19] 王馨雨,王蓉蓉,王 婷,等.不同品种百合内外鳞片游离氨基酸组成的主成分分析及聚类分析[J].食品科学,2020,41(12):211-220.
- [20] 吴水生,陈 丽,郭素华,等.不同产地泽泻氨基酸成分测定与对比[J].海峡药学,2004,16(2):66-67.
- [21] 寇明钰,汪长国,戴 亚,等.不同产地和等级的雪茄烟叶中游离氨基酸含量分析[J].西南农业学报,2013,26(3):963-967.
- [22] 李俊芳,马永昆,张 荣,等.不同果桑品种成熟桑椹的游离氨基酸主成分分析和综合评价[J].食品科学,2016,37(14):132-137.