

贵州玫瑰花茶的氨基酸组成及其品质综合评价

刘芳¹, 任启飞^{1*}, 李占彬², 杨昌彪², 陈云飞¹, 马菁华¹, 欧明烛¹

(1. 贵州省植物园, 贵阳 550004; 2. 贵州省分析测试研究院, 贵阳 550014)

摘要: **目的** 检测贵州玫瑰花茶的氨基酸含量, 分析其组成特征, 对其品质进行综合评价。**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》, 收集贵州 5 个产区(镇远、毕节七星关区、沿河、开阳、凤冈)不同品种及不同开放程度共 12 个玫瑰花茶, 利用氨基酸自动分析仪测定其氨基酸含量, 通过主成分分析和聚类分析等方法比较玫瑰花茶品质。**结果** 贵州各产区玫瑰花茶均含 16 种氨基酸, 其中均为天冬氨酸含量最高, 平均氨基酸总量在 5.96~13.27 g/100 g 之间, 必需氨基酸、儿童必需氨基酸、药用氨基酸含量分别为 2.05~4.16 g/100 g、0.43~0.96 g/100 g、3.85~9.05 g/100 g; 通过主成分分析提取了 2 个主成分, 累计方差贡献率为 86.072%, 能较好地反映氨基酸的综合信息, 结果表明 5-GZ、3-GZ 和 1-GZ 氨基酸品质最佳; 聚类分析将 12 个玫瑰花茶分为 4 类, 表明这 12 个玫瑰花茶氨基酸品质有明显差异。**结论** 贵州各产区玫瑰花茶氨基酸含量丰富, 通过综合评价氨基酸品质最好为镇远产丰花花蕾茶。

关键词: 玫瑰花茶; 氨基酸; 主成分分析; 聚类分析

Amino acid composition and comprehensive quality evaluation of Guizhou rose tea

LIU Fang¹, REN Qi-Fei^{1*}, LI Zhan-Bin², YANG Chang-Biao², CHEN Yun-Fei¹,
MA Jing-Hua¹, OU Ming-Zhu¹

(1. Guizhou Botanical Garden, Guizhou Province, Guiyang 550004, China; 2. Guizhou Academy of Testing and Analysis, Guiyang 550014, China)

ABSTRACT: Objective To detect the amino acid content of Guizhou rose tea, analyze its composition characteristics, as well as comprehensively evaluate its quality. **Methods** In accordance to GB 5009.124—2016 *National food safety standard-Determination of amino acids in foods*, the paper collected total 12 rose tea with different varieties and different blooming status from 5 production areas in Guizhou (Zhenyuan, Bijie Qixingguan District, Yanhe, Kaiyang and Fenggang), determined the amino acid content by amino acid automatic analyzer, and compared the quality of rose tea through principal component analysis and cluster analysis. **Results** There were 16 kinds of amino acids in rose tea in all production areas in Guizhou, of which the content of aspartic acid was the highest, and the average total amount of amino acid was between 5.96 g/100 g and 13.27 g/100 g. Meanwhile, the contents of essential amino acid,

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合服企[2019]4016)、贵州省高层次创新型人才(百层次)项目(黔科合平台人才[2018]5635)、贵州山地玫瑰科技创新人才团队建设项目[黔科院人才(2019)05 号]

Fund: Supported by the Guizhou Science and Technology Plan Project (Qianke Service Enterprise [2019]4016), the Guizhou Province High-level Innovative Talents (Hundred-level) Project (Gianke Cooperation Platform Talents [2018] 5635), and the Guizhou Mountain Rose Science and Technology Innovation Talent Team Construction [Guizhou Academy of Sciences Talents (2019)05]

***通信作者:** 任启飞, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为植物资源收集与保护。E-mail: renqifei1985_2006@126.com

***Corresponding author:** REN Qi-Fei, Ph.D, Senior Engineer, Guizhou Botanical Garden, Guizhou Province, Guiyang 550004, China. E-mail: renqifei1985_2006@126.com

children essential amino acid, and medicinal amino acid were 2.05–4.16 g/100 g, 0.43–0.96 g/100 g, and 3.85–9.05 g/100 g respectively; through principal component analysis, two principal components were extracted, and the cumulative variance contribution rate was 86.072%, which was capable of effectively reflecting the comprehensive information of amino acid. The results showed that the quality of 5-GZ, 3-GZ and 1-GZ amino acid was optimal; cluster analysis divided 12 rose teas into 4 categories, which showed that the amino acid quality of these 12 rose teas was significantly different. **Conclusion** The rose tea in all production areas of Guizhou is rich in amino acid. Through comprehensive evaluation, the amino acid quality of Fenghua bud tea produced in Zhenyuan is the optimal.

KEY WORDS: rose tea; amino acids; principal component analysis; cluster analysis

0 引 言

玫瑰为蔷薇属植物,在东亚、欧洲、北非和北美洲的温带地区均有分布^[1]。食用玫瑰是可食用的蔷薇科蔷薇属的原种、变种或杂交品种^[2]。玫瑰花茶是利用干燥技术干燥玫瑰花得到的代用茶,其气味芬芳^[3],是具有抗氧化^[4]、缓解痛经^[5]、抗产后抑郁^[6]等养生保健功效的健康饮品。

玫瑰花含有丰富的氨基酸成分,且不同品种、不同开花程度玫瑰花中氨基酸具有差异,陈家龙等^[7]研究表明,金边玫瑰花蕾期和盛花期含有的氨基酸种类一致,胱氨酸均没有检出,花蕾期比盛花期氨基酸总量高。汪禄祥等^[8]分析了两种玫瑰花氨基酸成分,结果表明大红玫瑰和粉红玫瑰均含有丰富的氨基酸,其中所含必需氨基酸有缬氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、苯丙氨酸和赖氨酸等。古娜斯·叶尔肯等^[9]研究了种植于新疆的 4 种玫瑰花蕾氨基酸品质,得出紫枝的总氨基酸含量最高,其次为丰花,之后是大马士革,苦水最低。对不同产地玫瑰花中氨基酸的分析也有报道,如王从成等^[10]对新疆和田、甘肃永登、山东平阴、江苏浦口、云南安宁、四川双流、河北围场的玫瑰花氨基酸进行品质评价研究,得出不同产地玫瑰花氨基酸含量差异较大,四川双流和河北围场的玫瑰花品质较好。

目前,研究对于玫瑰花中氨基酸含量的测定主要集中在浙江金边玫瑰^[7],云南产的大红玫瑰、粉红玫瑰^[8]、滇红玫瑰^[11]和墨红玫瑰^[12],新疆栽培的紫枝、大马士革、苦水和丰花^[9],广东栽培的‘中天’玫瑰^[13],种植于闽东高山区的丰花玫瑰^[14]等品种,但对贵州地区玫瑰花茶氨基酸含量和品质研究尚未见相关报道,对于贵州产区玫瑰花茶氨基酸含量缺少系统的分析,贵州山地玫瑰不同产区的海拔、地形等环境因子不同,且研究表明不同地区食品中氨基酸含量和品质可能会有差异^[10,15–16],因此,本研究结合主成分分析和聚类分析等多元统计分析方法,主要对贵州镇远、毕节七星关区、沿河、开阳、凤冈 5 个产区生产的丰花、紫枝、滇红、大马士革玫瑰花蕾茶和花冠茶共 12 个玫瑰花茶进行氨基酸含量测定及其组成、品质综合分析,以期对贵州玫瑰花茶营养价值的充分挖掘及开发利用提供

研究资料,为贵州玫瑰花茶的品质管理提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

供试材料来源于贵州,收集于 2021 年 4 月,在天气晴朗的早上采摘开放的玫瑰花花蕾和花冠烘干,详见表 1。

表 1 玫瑰花茶样品信息
Table 1 Information about the rose tea

材料编号	材料品种	材料类型	材料来源
1-GZ	丰花	花蕾	贵州省毕节市七星关区
2-GZ	丰花	花冠	贵州省毕节市七星关区
3-GZ	紫枝	花蕾	贵州省毕节市七星关区
4-GZ	紫枝	花冠	贵州省毕节市七星关区
5-GZ	丰花	花蕾	贵州省镇远县
6-GZ	丰花	花冠	贵州省镇远县
7-GZ	滇红	花蕾	贵州省镇远县
8-GZ	滇红	花冠	贵州省镇远县
9-GZ	大马士革	花蕾	贵州省开阳县
10-GZ	大马士革	花冠	贵州省开阳县
11-GZ	丰花	花冠	贵州省凤冈县
12-GZ	丰花	花冠	贵州省沿河土家族自治县

1.2 仪器与试剂

LA8080 型氨基酸自动分析仪(日本 HITACHI 公司); BSM220 分析天平(上海卓精电子科技有限公司); GM200 刀式研磨粉碎仪(德国 Retsch 公司); DHG-9123A 电热鼓风恒温干燥箱(江苏省金坛市鸿科仪器厂)。

盐酸(纯度大于 36%)、硝酸、柠檬酸钠、氢氧化钠(优级纯)、苯酚(纯度大于 99%)(国药集团化学试剂有限公司);氨基酸混标溶液(1 nmol/ μ L, 美国 Agilent 公司); pH 缓冲液、茚三酮溶液(色谱纯, 日本日立高新技术公司)。

1.3 实验方法

参照 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》的方法, 每个样品重复测定 3 次。

1.4 数据分析

采用 Excel 软件对测定数据进行整理统计, 采用 SPSS 26 统计软件进行单因素方差分析、相关性分析、主成分分析、聚类分析、Duncan 法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 玫瑰花茶中标准氨基酸组成及含量

由表 2 可知, 贵州各产区的 12 个玫瑰花茶均含有 16 种氨基酸, 包括 7 种必需氨基酸(essential amino acids, EAA)、9 种非必需氨基酸(non-essential amino acids, NEAA)、2 种儿童必需氨基酸(child essential amino acids, CE)和 9 种药用氨基酸(medicinal amino acids, MAA), 表明其氨基酸组成较为丰富; 贵州各产区玫瑰花茶 Asp 的平均含量最高, 占总量的 13.97%~26.55%, 其中 5-GZ 含 Asp 最高, 显著高于其他玫瑰花茶($P<0.05$), 最低为 4-GZ, Glu 的平均含量次之, 占总量的 10.95%~13.40%, 含 Glu 最高为 5-GZ, 显著高于其他玫瑰花茶($P<0.05$), His、Tyr 和 Met 在各产区玫瑰花茶中平均含量较低, 最低为 Met。贵州各产区玫瑰花茶平均氨基酸总量(total amino acids, TAA)在 5.96~13.27 g/100 g 之间, 贵州同一产区同一品种之间玫瑰花蕾茶均比花冠茶 TAA 含量高, TAA 含量在毕节七星关产区花蕾茶中紫枝高于丰花, 而花冠茶中丰花高于紫枝, 镇远产区丰花高于滇红, 丰花花蕾茶在镇远产区最高, 花冠茶在凤冈产区最高, 总的来看, TAA 含量最高为镇远丰花花蕾茶 5-GZ, 显著高于其他玫瑰花茶($P<0.05$), 最低为镇远滇红花冠茶 8-GZ。由表 3 可知, EAA、NEAA 和 CE 的平均含量最高均为 5-GZ, 最低均为 8-GZ; CE/TAA 最高均为 7-GZ, 最低均为 11-GZ。

2.2 玫瑰花茶特殊功效氨基酸含量及评价

2.2.1 必需氨基酸营养价值评价

食物蛋白质中的氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式越接近, 必需氨基酸被人体利用度越高, 食物蛋白质的营养价值也相对较高^[16-17], 为分析玫瑰花茶氨基酸的营养价值, 将结果与联合国粮农组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, FAO/WHO)推荐的人体必需氨基酸含量模式谱进行比较^[18]。从表 4 可知, 贵州 5 个产区不同品种的玫瑰花花蕾茶和花冠

茶必需氨基酸和总氨基酸比例基本上与推荐值相差不大, 其中 Lys、Thr 和 Val 均高于推荐值; Phe+Tyr 除 12-GZ 外, 其余均高于推荐值, 表明贵州各产区玫瑰花茶营养价值均较高。FAO/WHO 提出的理想蛋白质标准是以 EAA 含量占 TAA 量的 40%左右, EAA 与 NEAA 比例在 60%以上为佳^[19], 从表 3 可知, 贵州各产区玫瑰花茶 EAA 含量为 2.05~4.16 g/100 g, CE 含量为 0.43~0.96 g/100 g, EAA/NEAA 在 41.56%~60.38%之间, EAA/TAA 在 29.36%~37.65%之间, 表明贵州各产区玫瑰花茶与理想蛋白质标准有一定差距, 与之最为接近的为 7-GZ。

2.2.2 药用氨基酸

药用氨基酸是有些人体不能合成但又是维持机体氮平衡所必需的氨基酸, 包括 Asp、Glu、Gly、Met、Leu、Phe、Tyr、Lys、Arg^[20]。从表 2、3 可知, 贵州 5 个产区不同品种的玫瑰花花蕾茶和花冠茶均含有 9 种药用氨基酸, 药用氨基酸含量为 3.85~9.05 g/100 g, 其中含量最高氨基酸均为 Asp, 占药用氨基酸 23.24%~39.71%; 贵州各产区玫瑰花茶 MAA 含量最高为 5-GZ, 最低为 8-GZ; 贵州各产区玫瑰花茶 MAA/TAA 在 60.12%~68.22%之间, 其中最高为 5-GZ, 最低为 4-GZ。

2.3 主成分分析

2.3.1 适应性分析

在主成分分析之前, 需对所获数据进行适应性检验, 本研究数据采用相关系数检验^[15]。通过相关性分析, 由表 5 可知, 氨基酸种类间均为正相关关系, 除了 Pro 与 Gly、Tyr 呈显著相关外($P<0.05$), 其余的数据相关性均达极显著水平($P<0.01$); 相关系数大部分都在 0.6 以上, 其中 Arg 与 Lys、Leu、Ile、Val、Gly、Glu、Thr, Lys 与 Leu、Ile、Val, His 与 Val、Ala, Leu 与 Ile、Val、Gly、Thr, Ile 和 Gly, Val 与 Ala、Gly、Glu、Thr, Ala 与 Thr, Gly 与 Glu、Thr, Glu 与 Thr 之间相关系数达到 0.900 以上, 表明本研究氨基酸种类间的相关性较强, 可用主成分分析对其进行综合分析。

2.3.2 主成分分析

对收集的贵州 5 个产区不同品种的玫瑰花花蕾茶和花冠茶一共 12 个样品所检测到的 16 种氨基酸含量进行主成分分析, 结果见表 6~8。从表 6 可知, 每个主成分均反映了一定的原始变量信息, 特征值代表主成分反映原始变量信息的数量^[21]。经过主成分分析, 从表 6 可知, 主成分 1 的贡献率最大, 为 80.681%, 表明主成分 1 对玫瑰花茶氨基酸品质影响最大, 主成分 2 的贡献率 5.390%, 累计方差贡献率为 86.072%, 超过 85%, 能够基本反映所有变量的初始信息, 较为完整的体现 12 个玫瑰花茶 16 种氨基酸含量指标间的关系, 因此, 本研究选取的 2 个主成分作为数据分析的有效成分可以对其综合品质进行评价^[15,22]。

表 2 玫瑰花茶氨基酸含量(g/100 g, n=3)
Table 2 Amino acid content of rose tea (g/100 g, n=3)

玫瑰花茶	精氨酸 Arg ^Δ	赖氨酸 Lys [#]	组氨酸 His ^Δ	苯丙氨酸 Phe [#]	酪氨酸 Tyr [#]	亮氨酸 Leu [#]	异亮氨酸 Ile [*]	蛋氨酸 Met [#]	缬氨酸 Val [*]	丙氨酸 Ala	甘氨酸 Gly [#]	脯氨酸 Pro	谷氨酸 Glu [#]	丝氨酸 Ser	苏氨酸 Thr [*]	天冬氨酸 Asp [#]	氨基酸 总量
1-GZ	0.48±0.02 ^c	0.75±0.02 ^c	0.22±0.02 ^c	0.44±0.02 ^b	0.29±0.03 ^b	0.68±0.02 ^c	0.39±0.01 ^c	0.02±0.00 ^{cd}	0.54±0.03 ^c	0.74±0.03 ^b	0.46±0.00 ^{bc}	0.71±0.02 ^{de}	1.03±0.02 ^c	0.49±0.02 ^b	0.42±0.02 ^{bc}	1.5±0.01 ^f	9.17±0.09 ^d
2-GZ	0.4±0.01 ^{de}	0.67±0.02 ^d	0.21±0.02 ^{cd}	0.38±0.03 ^{cd}	0.22±0.03 ^c	0.59±0.03 ^d	0.32±0.02 ^e	0.02±0.00 ^e	0.5±0.02 ^e	0.61±0.02 ^c	0.42±0.03 ^d	0.73±0.02 ^{cd}	1.04±0.03 ^c	0.48±0.01 ^b	0.38±0.02 ^{cd}	1.74±0.03 ^d	8.73±0.02 ^f
3-GZ	0.53±0.02 ^b	0.86±0.02 ^b	0.25±0.02 ^b	0.49±0.02 ^a	0.27±0.04 ^b	0.76±0.02 ^b	0.44±0.02 ^b	0.03±0.00 ^e	0.58±0.02 ^b	0.71±0.02 ^b	0.47±0.02 ^b	0.86±0.03 ^b	1.09±0.03 ^b	0.49±0.01 ^b	0.44±0.02 ^b	1.67±0.02 ^e	9.95±0.08 ^b
4-GZ	0.38±0.01 ^c	0.65±0.02 ^d	0.17±0.02 ^{fg}	0.31±0.02 ^{ef}	0.19±0.02 ^{ef}	0.54±0.02 ^{ef}	0.32±0.02 ^f	0.02±0.00 ^e	0.47±0.02 ^d	0.56±0.03 ^d	0.38±0.02 ^{ef}	0.69±0.03 ^{ef}	0.92±0.02 ^d	0.39±0.00 ^e	0.32±0.02 ^{fg}	1.02±0.02 ^j	7.32±0.08 ^g
5-GZ	0.68±0.02 ^a	0.99±0.02 ^a	0.27±0.01 ^a	0.49±0.04 ^a	0.36±0.02 ^a	0.88±0.02 ^a	0.53±0.03 ^a	0.03±0.00 ^a	0.70±0.03 ^a	0.88±0.02 ^a	0.59±0.02 ^a	0.73±0.03 ^{cd}	1.51±0.02 ^a	0.56±0.03 ^a	0.54±0.04 ^a	3.52±0.03 ^a	13.27±0.04 ^a
6-GZ	0.41±0.03 ^{de}	0.60±0.02 ^f	0.19±0.01 ^{efg}	0.42±0.02 ^{bc}	0.20±0.03 ^{cd}	0.52±0.03 ^{ef}	0.35±0.02 ^{de}	0.02±0.00 ^e	0.46±0.02 ^{de}	0.53±0.02 ^{de}	0.43±0.03 ^{cd}	0.60±0.02 ^e	1.04±0.07 ^c	0.44±0.02 ^{cd}	0.39±0.02 ^{cd}	2.22±0.02 ^k	8.81±0.14 ^f
7-GZ	0.39±0.01 ^e	0.62±0.01 ^{ef}	0.16±0.02 ^g	0.30±0.03 ^f	0.23±0.03 ^c	0.59±0.02 ^d	0.35±0.02 ^{de}	0.02±0.00 ^e	0.42±0.02 ^{ef}	0.45±0.02 ^{de}	0.40±0.04 ^{de}	0.46±0.02 ⁱ	0.86±0.02 ^e	0.36±0.01 ^{ef}	0.34±0.03 ^{efg}	1.05±0.02 ^h	6.99±0.03 ^h
8-GZ	0.30±0.03 ^f	0.46±0.02 ⁱ	0.13±0.01 ^h	0.28±0.01 ^f	0.13±0.02 ^e	0.43±0.01 ^g	0.24±0.02 ^g	0.02±0.00 ^e	0.34±0.02 ^g	0.35±0.04 ^h	0.31±0.02 ^g	0.42±0.02 ^j	0.77±0.02 ^f	0.34±0.03 ^f	0.29±0.02 ^h	1.16±0.03 ^h	5.96±0.06 ^f
9-GZ	0.43±0.03 ^d	0.63±0.03 ^{de}	0.19±0.01 ^{def}	0.39±0.01 ^{cd}	0.22±0.02 ^c	0.59±0.02 ^d	0.38±0.02 ^{de}	0.03±0.00 ^b	0.51±0.02 ^c	0.62±0.02 ^c	0.4±0.02 ^{de}	0.98±0.01 ^a	1.03±0.02 ^c	0.42±0.02 ^d	0.40±0.01 ^c	2.22±0.03 ^c	9.43±0.07 ^c
10-GZ	0.33±0.02 ^f	0.45±0.02 ⁱ	0.17±0.02 ^{fg}	0.32±0.02 ^{ef}	0.16±0.02 ^{ef}	0.51±0.01 ^f	0.28±0.03 ^f	0.02±0.00 ^e	0.45±0.03 ^{de}	0.5±0.01 ^{ef}	0.37±0.01 ^{ef}	0.55±0.02 ^h	0.93±0.02 ^d	0.45±0.01 ^{cd}	0.35±0.02 ^{def}	1.11±0.03 ⁱ	6.96±0.06 ^h
11-GZ	0.39±0.00 ^e	0.55±0.01 ^g	0.20±0.00 ^{de}	0.35±0.04 ^{de}	0.22±0.03 ^c	0.55±0.02 ^c	0.35±0.04 ^{de}	0.02±0.00 ^{cd}	0.46±0.02 ^d	0.63±0.02 ^c	0.4±0.01 ^{de}	0.76±0.02 ^c	1.01±0.04 ^c	0.47±0.03 ^{bc}	0.37±0.01 ^{de}	2.30±0.05 ^b	9.01±0.05 ^e
12-GZ	0.30±0.03 ^f	0.50±0.03 ^h	0.16±0.02 ^g	0.32±0.02 ^{ef}	0.05±0.01 ^f	0.45±0.03 ^g	0.25±0.02 ^{fg}	0.02±0.00 ^e	0.39±0.01 ^f	0.48±0.03 ^{fg}	0.35±0.02 ^f	0.67±0.01 ^f	0.87±0.02 ^e	0.37±0.03 ^e	0.31±0.00 ^{gh}	1.35±0.08 ^e	6.84±0.03 ⁱ

注: *为必需氨基酸; #为药用氨基酸; Δ为儿童必需氨基酸^[17]; 同列不同小写字母表示不同样品间差异显著, P<0.05。

表 3 玫瑰花茶特殊功效氨基酸的含量
Table 3 Content of special functional amino acid in rose tea

玫瑰花茶	TAA /(g/100 g)	EAA /(g/100 g)	NEAA /(g/100 g)	CE /(g/100 g)	MAA /(g/100 g)	EAA /NEAA/%	EAA /TAA/%	CE /TAA/%	MAA/ TAA/%
1-GZ	9.17	3.24	5.93	0.71	5.65	54.58	35.31	7.71	61.67
2-GZ	8.73	2.87	5.86	0.62	5.47	48.90	32.84	7.07	62.71
3-GZ	9.95	3.60	6.35	0.78	6.18	56.60	36.14	7.87	62.15
4-GZ	7.32	2.63	4.70	0.55	4.40	55.92	35.86	7.56	60.12
5-GZ	13.27	4.16	9.11	0.96	9.05	45.66	31.35	7.21	68.22
6-GZ	8.81	2.75	6.06	0.59	5.86	45.36	31.20	6.73	66.53
7-GZ	6.99	2.63	4.36	0.55	4.45	60.38	37.65	7.91	63.67
8-GZ	5.96	2.05	3.91	0.43	3.85	52.47	34.41	7.27	64.57
9-GZ	9.43	2.93	6.50	0.62	5.93	45.03	31.05	6.57	62.85
10-GZ	6.96	2.38	4.58	0.49	4.20	52.11	34.25	7.09	60.38
11-GZ	9.01	2.65	6.37	0.59	5.78	41.56	29.36	6.52	64.18
12-GZ	6.84	2.24	4.59	0.46	4.20	48.89	32.82	6.73	61.40

表 4 玫瑰花茶中各种必需氨基酸所占比例与 WHO/FAO 推荐氨基酸模式谱的比较(%)

Table 4 Comparison of the proportion of various essential amino acids and WHO/FAO recommended amino acid pattern spectrum in rose tea (%)

氨基酸种类	Thr	Lys	Ile	Val	Leu	Phe+Tyr
推荐值	4.00	5.50	4.00	5.00	7.00	6.00
1-GZ	4.55	8.22	4.29	5.85	7.38	7.93
2-GZ	4.39	7.64	3.71	5.77	6.80	6.84
3-GZ	4.42	8.61	4.46	5.80	7.64	7.71
4-GZ	4.41	8.92	4.42	6.37	7.33	6.74
5-GZ	4.07	7.44	3.99	5.28	6.66	6.36
6-GZ	4.39	6.77	3.97	5.18	5.90	7.03
7-GZ	4.81	8.82	4.96	6.05	8.39	7.63
8-GZ	4.81	7.67	3.97	5.76	7.22	6.83
9-GZ	4.28	6.71	3.99	5.44	6.22	6.40
10-GZ	5.07	6.51	4.02	6.46	7.28	6.89
11-GZ	4.07	6.14	3.85	5.14	6.07	6.32
12-GZ	4.53	7.36	3.71	5.75	6.58	5.31

如表 7 所示, 因子载荷值反映了原变量对因子影响的大小, 载荷值的绝对值越大表明该氨基酸对主成分影响越大, 正号表示对主成分正向影响, 负号表示对主成分负向影响^[21]。第 1 主成分中的 16 种氨基酸均为正向影响, 其中 Arg、Val、Thr、Ala、Leu、Ile、Gly、Glu 有较高的载荷, 其载荷值均大于 0.940, 表明其与第 1 主成分相关性较强, 对第 1 主成分贡献较大, 第 1 主成分主要反映这些氨基酸的信息; 第 2 主成分中 Pro 载荷较高且有正向影响, 载荷值为 0.699, 其次为 Asp 和 Met, 载荷值为 0.235 和 0.215, 表明其与第 2 主成分相关性较强, 对第 2 主成分贡献较大, 第 2 主成分主要反映 Pro、Asp 和 Met 的信息。

利用初始因子载荷阵中的数据除以主成分相对应的特征值再开平方即得到主成分中每个指标所对应的主成分系数(特征向量)^[22-24], 构建主成分方程(F_1 为第一主成分, F_2 为第二主成分, X 为标准化后原始变量)则 $F_1=0.268X_1+0.256X_2+0.259X_3+\dots+0.267X_{15}+0.222X_{16}$; $F_2=-0.179X_1-0.227X_2+0.037X_3+\dots+0.009X_{15}+0.253X_{16}$

对贵州 5 个产区不同品种的玫瑰花茶花蕾茶和花冠茶

一共 12 个玫瑰花茶进行综合评价, 以各主成分方差贡献率为权重, 对前 2 个主成分得分和相应权重进行线性加权求和, 构建主成分综合评价函数 $F=0.807F_1+0.054F_2$, 根据该方程计算出贵州各产区的 12 个玫瑰花茶的综合总得分, 分值越高, 说明该玫瑰花样品氨基酸品质越好^[15,23]。

由表 8 可知, 第 1 主成分得分排名前 5 的样品排序为 5-GZ>3-GZ>1-GZ>9-GZ>2-GZ, 表明这些玫瑰花样品中的 Arg、Val、Thr、Ala、Leu、Ile、Gly、Glu 含量较高; 第 2 主成分得分排名前 5 的样品排序为 9-GZ>11-GZ>12-GZ>2-GZ>10-GZ, 表明这些玫瑰花样品中的 Pro 含量较高; 贵州 5 个产区不同品种的玫瑰花花蕾茶和花冠茶一共 12 个玫瑰花茶综合品质从高至低的排序为 5-GZ>3-GZ>1-GZ>9-GZ>2-GZ>11-GZ>6-GZ>4-GZ>10-GZ>7-GZ>12-GZ>8-GZ。5-GZ 的综合得分最高, 为 6.81, 排名第二的为 3-GZ, 综合得分为 3.06, 表明 5-GZ 和 3-GZ 的氨基酸综合质量较高, 品质较好。8-GZ 的综合得分最低, 表明其氨基酸综合质量较低, 品质最差。

表 5 氨基酸种类间相关性分析
Table 5 Correlation analysis of amino acid types

	Arg	Lys	His	Phe	Tyr	Leu	Ile	Met	Val	Ala	Gly	Pro	Glu	Ser	Thr	Asp
Arg	1.000															
Lys	0.943**	1.000														
His	0.876**	0.885**	1.000													
Phe	0.832**	0.812**	0.868**	1.000												
Tyr	0.856**	0.827**	0.774**	0.711**	1.000											
Leu	0.965**	0.951**	0.888**	0.816**	0.866**	1.000										
Ile	0.951**	0.922**	0.840**	0.803**	0.874**	0.930**	1.000									
Met	0.731**	0.578**	0.650**	0.675**	0.646**	0.678**	0.749**	1.000								
Val	0.943**	0.904**	0.905**	0.832**	0.818**	0.935**	0.897**	0.770**	1.000							
Ala	0.892**	0.870**	0.919**	0.825**	0.810**	0.886**	0.884**	0.697**	0.928**	1.000						
Gly	0.930**	0.895**	0.861**	0.794**	0.844**	0.913**	0.911**	0.732**	0.913**	0.881**	1.000					
Pro	0.460**	0.484**	0.586**	0.565**	0.358**	0.463**	0.508**	0.484**	0.574**	0.656**	0.401*	1.000				
Glu	0.904**	0.837**	0.850**	0.791**	0.746**	0.855**	0.870**	0.792**	0.926**	0.880**	0.906**	0.473**	1.000			
Ser	0.761**	0.713**	0.849**	0.801**	0.745**	0.783**	0.741**	0.682**	0.860**	0.894**	0.818**	0.504**	0.841**	1.000		
Thr	0.929**	0.854**	0.872**	0.863**	0.829**	0.903**	0.892**	0.822**	0.931**	0.901**	0.923**	0.524**	0.927**	0.846**	1.000	
Asp	0.745**	0.614**	0.689**	0.654**	0.590**	0.638**	0.724**	0.765**	0.726**	0.718**	0.738**	0.472**	0.881**	0.692**	0.797**	1.000

注: 相关性为 Pearson 类型, 显著相关($P < 0.05$), **极显著相关($P < 0.01$)。

表 6 主成分的特征值及贡献率

Table 6 Characteristic values and contribution rates of the principal components

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%
1	12.909	80.681	80.681
2	0.862	5.390	86.072
3	0.707	4.422	90.493
4	0.382	2.387	92.880
5	0.307	1.920	94.800
6	0.248	1.550	96.350

表 7 初始因子载荷阵和主成分系数阵

Table 7 Initial factor loading matrix and principal component coefficient

氨基酸	PC1		PC2	
	载荷	主成分系数	载荷	主成分系数
Arg	0.964	0.268	-0.166	-0.179
Lys	0.921	0.256	-0.211	-0.227
His	0.932	0.259	0.034	0.037
Phe	0.883	0.246	0.088	0.095
Tyr	0.865	0.241	-0.283	-0.305
Leu	0.947	0.264	-0.207	-0.223
Ile	0.946	0.263	-0.123	-0.132
Met	0.796	0.222	0.215	0.232
Val	0.971	0.270	0.000	0.000
Ala	0.953	0.265	0.097	0.104
Gly	0.947	0.264	-0.182	-0.196
Pro	0.578	0.161	0.699	0.753
Glu	0.944	0.263	0.026	0.028
Ser	0.876	0.244	0.101	0.109
Thr	0.967	0.269	0.008	0.009
Asp	0.796	0.222	0.235	0.253

表 8 主成分得分、主成分分析综合得分及排序

Table 8 Principal component score, principal component analysis comprehensive score and ranking

玫瑰花茶	F_1	排序	F_2	排序	F	排序
1-GZ	2.27	3	-0.51	9	1.81	3
2-GZ	0.34	5	0.21	4	0.29	5
3-GZ	3.79	2	0.00	7	3.06	2
4-GZ	-1.97	8	-0.33	8	-1.60	8
5-GZ	8.48	1	-0.68	10	6.81	1
6-GZ	-0.12	7	0.02	6	-0.10	7
7-GZ	-2.28	10	-1.75	12	-1.93	10
8-GZ	-5.35	12	-0.74	11	-4.35	12
9-GZ	1.00	4	1.92	1	0.91	4
10-GZ	-2.29	9	0.08	5	-1.84	9
11-GZ	-0.06	6	0.91	2	0.01	6
12-GZ	-3.83	11	0.89	3	-3.04	11

2.4 聚类分析

聚类分析,是将样本划为不同类群进行相似性评价,通常 Q 型聚类是对样品进行分类处理, R 型聚类是对变量进行分类处理^[23,25]。基于主成分分析,本研究采用系统聚类分析法对玫瑰花茶含有的 16 种氨基酸含量指标进行 R 型聚类,聚类方法采用组间联接法,聚类区间为皮尔逊相关;对收集

的贵州各产区 12 个玫瑰花茶进行 Q 型聚类,聚类方法为瓦尔德法,聚类区间为平方欧式距离^[26],结果见图 1 和图 2。

如图 1 所示,从距离 15 为划分依据,可将玫瑰花茶含有的 16 种氨基酸指标分为 4 类,第 1 类为 Arg、Lys、His、Phe、Tyr、Leu、Ile、Val、Ser、Ala、Gly、Glu、Thr;第 2 类为 Asp,第 3 类为 Met,第 4 类为 Pro。根据主成分分析中的载荷比较结果,第 1 类中的 Arg、Val、Thr、Ala、Leu、Ile、Gly、Glu 在第 1 主成分内均有较高的载荷,第 2 类、第 3 类和第 4 类中的 Asp、Met、Pro 在第 2 主成分内均有较高的载荷。若同聚为一类的玫瑰花茶氨基酸指标之间具有密切相关或偏相关性,可选用一个因素代表一类中的其余因素,单独为一类的指标因素具有相对独立性,为指标简化创造了可能性^[22]。因此,本研究玫瑰花茶所含有的 16 种氨基酸指标可以用这 4 个类别中的指标所代表,结合主成分分析的结果,最终确定 Arg、Val、Thr、Ala、Leu、Ile、Gly、Glu、Asp、Met、Pro 为综合评价玫瑰花茶氨基酸品质优劣的关键性指标。

如图 2 所示,从距离 5 为划分依据,可将 12 个玫瑰花茶分为 4 类,结合主成分分析的结果可知,第 1 类为 2-GZ、11-GZ、6-GZ、9-GZ,其综合得分在-0.10 至 0.91 之间,综合得分排名为 4 至 7 名,处于中间水平,这类玫瑰花茶氨基酸品质一般;第 2 类为 3-GZ、1-GZ,其综合得分分别为 3.06 至 1.81 之间,综合得分排名为 2 和 3 名,处于较高水平,表明这类玫瑰花茶氨基酸品质较好;第 3 类为 5-GZ,其综合得分最高,品质最好;第 4 类为 4-GZ、7-GZ、10-GZ、12-GZ、8-GZ,其综合得分在-4.35 至-1.6 之间,综合得分排名为 8~12 名,处于下游水平,说明这类玫瑰花茶氨基酸品质较差。

3 讨论

氨基酸是蛋白质的基础结构,作为营养成分在人体营养与生理上具有重要地位,其与药效也有着密切的关系,不同的氨基酸组成及含量直接影响其营养价值和保健价值^[16,27-28],本研究对贵州 5 个产区不同品种的玫瑰花茶花蕾茶和花冠茶一共 12 个样品进行了氨基酸含量测定,并利用主成分分析和聚类分析法对其进行系统的分析,结果表明,12 个玫瑰花茶含量丰富,含有 16 种氨基酸,与浙江金边玫瑰^[7]、云南滇红玫瑰^[11]、广东‘中天’玫瑰^[13]所含氨基酸种类一样,其中均为 Asp 含量最高、Met 含量最低,与枇杷花茶^[18]、浙江金边玫瑰^[7]一致;12 个玫瑰花茶氨基酸总量范围为 5.96~13.27 g/100 g,刺梨花瓣^[29]、新疆紫枝、大马士革、苦水和丰花玫瑰^[9]、闽东高山区丰花玫瑰^[14]的氨基酸总量均在此范围内,含量最高为 5-GZ,是贵州镇远产的丰花玫瑰花蕾茶,显著高于其干燥花冠茶 6-GZ ($P<0.05$),总体上,贵州同一地区的玫瑰花茶花蕾茶均比花冠茶 TAA 含量高,趋势与浙江金边玫瑰^[7]一致,说明其花蕾茶比花冠茶具有更高的氨基酸含量,品质更高,从品种来说,在花冠茶里,滇红和大马士革玫瑰花茶 TAA 含量均较低,表明这两种玫瑰花冠茶氨基酸营养较差,对于

丰花玫瑰, 贵州种植比较广, 花冠茶 TAA 含量在贵州沿河最低, 表明此产地玫瑰花茶氨基酸品质较差。通过将结果与 FAO/WHO 推荐的人体必需氨基酸含量模式谱进行比较, 得出必需氨基酸和总氨基酸比例均与推荐值相差不大, 表明贵州各产区 12 个玫瑰花茶营养价值均比较好; 12 个玫瑰花茶均含有 9 种药用氨基酸, 其中含量最高氨基酸为 Asp, MAA/TAA 在 60.12%~68.22%之间, 大于枇杷花茶^[18]。

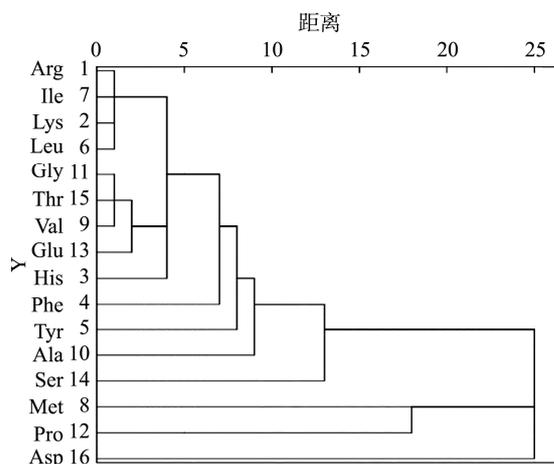


图 1 玫瑰花茶 R 型聚类分析图

Fig.1 R-type cluster analysis chart of rose tea

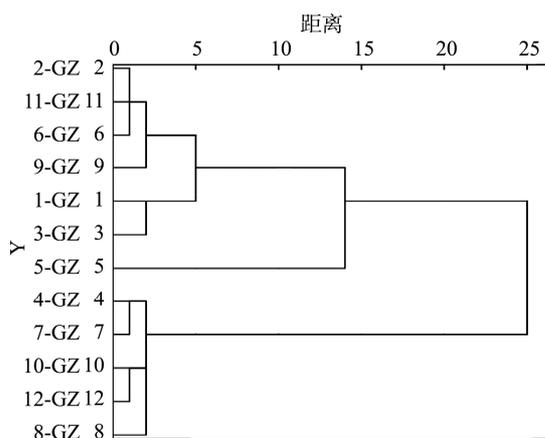


图 2 玫瑰花茶 Q 型聚类分析图

Fig.2 Q-type cluster analysis chart of rose tea

主成分分析可以简化分析评价流程, 根据各主成分得分和综合得分情况, 对玫瑰花茶的氨基酸品质进行综合评定^[30]。本研究通过主成分分析从 16 种氨基酸中提取出了 2 个主成分, 累计方差贡献率为 86.072%, 较好地反映了 5 个产区不同品种及不同开放程度共 12 个玫瑰花茶氨基酸品质的综合信息, 排名前 3 的玫瑰花茶为 5-GZ>3-GZ>1-GZ, 表明镇远产的丰花花蕾茶、毕节七星关区产的紫枝花蕾茶、丰花花蕾茶氨基酸综合品质最好。采用 R 型聚类分析确定 Arg、Val、Thr、Ala、Leu、Ile、Gly、Glu、Asp、Met、Pro 为综合评价玫瑰花茶氨基酸品质优劣的关键性指标, 与主成分 1 和主成分 2

的贡献度基本一致。Q 型聚类分析将 12 个玫瑰花茶分为 4 类, 与之前的主成分综合评价得分分析结果基本一致, 较好地反映了贵州各产区的 12 个玫瑰花茶氨基酸品质的差异。

4 结 论

本研究对贵州镇远、毕节七星关区、沿河、开阳、凤冈 5 个产区不同品种及不同开放程度共 12 个玫瑰花茶进行氨基酸含量测定并分析其组成, 采用主成分分析和聚类分析对其进行综合评价, 得出贵州各产区丰花、紫枝、滇红、大马士革玫瑰花茶的花蕾茶和花冠茶氨基酸含量丰富, 均含有 16 种氨基酸, 其中必需氨基酸 7 种、儿童必需氨基酸 2 种、药用氨基酸 9 种, 通过综合评价镇远产丰花花蕾茶的氨基酸品质最好, 为贵州玫瑰花茶的氨基酸品质管理及产品开发利用提供更多的理论依据。

参考文献

- [1] ZHANG C, ZHAO F, LI R, *et al.* Purification, characterization, antioxidant and moisture-preserving activities of polysaccharides from *Rosa rugosa* petals [J]. *Int J Biot Macromol*, 2019, 124: 938-945.
- [2] 郑淑彦, 王伟, 董金金, 等. 食用玫瑰营养保健功能及产品开发研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(23): 206-211.
ZHENG SY, WANG W, DONG JJ, *et al.* Research progress on nutrition health function and product development of edible rose [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(23): 206-211.
- [3] 董迎春, 石可可, 马晓磊, 等. 4 种花茶 VC、游离氨基酸含量及亚硝酸盐清除能力的研究[J]. *安徽农学通报*, 2019, 25(Z1): 15-17.
DONG YC, SHI KK, MA XL, *et al.* Study on the contents of VC, free amino acids and nitrite scavenging ability of four kinds of scented tea [J]. *Anhui Agric Sci Bull*, 2019, 25(Z1): 15-17.
- [4] KART D, ÇAĞINDI Ö. Determination of antioxidant properties of dry rose tea [J]. *Int J Sec Metab*, 2017, 4(3): 384-390.
- [5] TSENG YF, CHEN CH, YANG YH. Rose tea for relief of primary dysmenorrhea in adolescents: A randomized controlled trial in Taiwan [J]. *J Midwif Wom Heal*, 2005, 50(5): e51-e57.
- [6] 李金枝, 王海霞, 左绪磊. 玫瑰花茶对产后抑郁的治疗作用[J]. *中国妇幼保健*, 2010, 25(34): 5125-5127.
LI JZ, WANG HX, ZUO XL. The therapeutic effect of rose tea on postpartum depression [J]. *China Matern Child Health*, 2010, 25(34): 5125-5127.
- [7] 陈家龙, 王巍伟, 朱建军. 金边玫瑰花期主要营养成分变化[J]. *浙江农业科学*, 2021, 62(2): 336-338.
CHEN JL, WANG WW, ZHU JJ. Changes of main nutrients in *Rosa forrestiana* Jinbian during flowering period [J]. *Zhejiang Agric Sci*, 2021, 62(2): 336-338.
- [8] 汪祿祥, 黎其万, 陈锦玉, 等. 不同品种食用玫瑰的主要营养成分测定[J]. *广东农业科学*, 2006, (12): 44-45.
WANG LX, LI QW, CHEN JY, *et al.* Determination of major nutritional components in different varieties of edible roses [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2006, (12): 44-45.
- [9] 古娜斯·叶尔肯, 白羽嘉, 郑万财, 等. 新疆地区栽培 4 种玫瑰花蕾品质分析[J]. *食品科技*, 2017, 42(2): 105-108.
GUNASI-YERK, BAI YJ, ZHENG WC, *et al.* Analysis on the quality of four different rose varieties in Xinjiang [J]. *Food Sci Technol*, 2017, 42(2): 105-108.
- [10] 王从成, 毛艺蓓, 刘圣金, 等. 不同产地玫瑰花氨基酸成分分析与评价

- [J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(2): 544–553.
WANG CC, MAO YB, LIU SJ, *et al.* Analysis and evaluation of amino acid components in *Rose rugosa* Thunb. from different regions [J]. *J Food Saf Qual*, 2022, 13(2): 544–553.
- [11] 宁忻, 董海燕, 胡文敏, 等. 八街玫瑰营养成分分析评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(22): 7522–7525.
NING X, DONG HY, HU WM, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional components in rosa Dianhong [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(22): 7522–7525.
- [12] 宁忻, 方伟, 董海燕, 等. 云南墨红玫瑰主要营养成分分析[J]. 现代食品, 2021, (18): 225–228.
NING X, FANG W, DONG HY, *et al.* Analysis and evaluation of the nutritional components in rosa crimson glory [J]. *Mod Food*, 2021, (18): 225–228.
- [13] 王再花, 容静东, 王玉丰, 等. ‘中天’玫瑰在广东怀集引种栽培及花朵营养成分分析[J]. 广东农业科学, 2018, 45(11): 28–34, 173.
WANG ZH, RONG JD, WANG YF, *et al.* Introduction, cultivation and nutritional analysis of ‘Zhongtian’ rose in Huaiji, Guangdong [J]. *Guangdong Agric Sci*, 2018, 45(11): 28–34, 173.
- [14] 刘新永, 李爱萍, 刘旭锬, 等. 食用玫瑰丰花 1 号在闽东高山区种植及干花营养成分表现[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(5): 865–868.
LIU XY, LI AIP, LIU XK, *et al.* Edible rose Fenghua No.1 was planted and nutritional composition of dried flowers [J]. *Zhejiang Agric Sci*, 2020, 61(5): 865–868.
- [15] 刘炜, 刘行, 杨晓凤, 等. 不同产地黑木耳中氨基酸含量的测定及主成分分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(20): 8068–8075.
LIU W, LIU X, YANG XF, *et al.* Determination of amino acid content and principal component analysis of *Auricularia auricula* from different regions [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(20): 8068–8075.
- [16] 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.
ZHAN G, SUN MY, LI J, *et al.* Analysis of amino acid composition and nutritive value of five cultivars of *Chrysanthemum morifolium* from different producing areas [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2019, 46(6): 908–914.
- [17] 颜孙安, 史梦竹, 林香信, 等. 基于主成分与聚类分析不同品种鲜食葡萄的氨基酸品质评价[J]. 食品工业科技, 2022, 43(6): 372–379.
YAN SAN, SHI MZ, LIN XX, *et al.* Principal component analysis and cluster analysis for evaluating amino acid of different table grapes (*Vitis vinifera* L.) varieties [J]. *Food Ind Technol*, 2022, 43(6): 372–379.
- [18] 杨小芳, 王文建, 刘建福, 等. 枇杷花茶氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 安徽农业大学学报, 2018, 45(2): 225–228.
YANG XF, WANG JW, LIU JF, *et al.* Analysis of amino acid composition and evaluation of the nutritional value in Loquat flower tea [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2018, 45(2): 225–228.
- [19] 师丰丰, 尹欣, 张海峰, 等. 尼勒克县新疆黑蜂蜂蜜游离氨基酸的测定及分析[J]. 食品工业科技, 2022, 43(11): 276–283.
SHI FF, YIN X, ZHANG HF, *et al.* Determination and analysis of free amino acid composition of Xinjiang black bee honey in Nilka [J]. *Food Ind Technol*, 2022, 43(11): 276–283.
- [20] 张晓煜, 刘静, 袁海燕, 等. 不同地域环境对枸杞蛋白质和药用氨基酸含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2004, (3): 100–104.
ZHANG XY, LIU J, YUAN HY, *et al.* Effect of surrounding conditions on protein and pharmacological amino acid of *Lycium barbarum* L. [J]. *Agric Res Arid Area*, 2004, (3): 100–104.
- [21] 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.
WANG XY, WANG RR, WANG T, *et al.* Principal component analysis and cluster analysis for evaluating the free amino acid composition of inner and outer lily bulb scales from different cultivars [J]. *Food Sci*, 2020, 41(12): 211–220.
- [22] 焦扬, 折发文, 张娟娟, 等. 基于主成分与聚类分析的甘肃地区产地木耳品质综合评价[J]. 食品科学, 2019, 40(8): 130–135.
JIAO Y, SHE FW, ZHANG JJ, *et al.* Comprehensive quality evaluation of *Nostoc commune* Vauch. from Gansu Province by principal component analysis and cluster analysis [J]. *Food Sci*, 2019, 40(8): 130–135.
- [23] 朱建平. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2017.
ZHU JP. *Applied multivariate statistical analysis* [M]. Beijing: Peking University Press, 2017.
- [24] 赵慧琴, 石立, 刘金山, 等. SPSS 软件计算主成分分析的缺陷与纠正[J]. 统计与决策, 2020, 36(15): 56–59.
ZHAO HQ, SHI L, LIU JS, *et al.* Defects and correction of principal component analysis in SPSS software calculation [J]. *Stat Decis*, 2020, 36(15): 56–59.
- [25] 朱周俊, 袁德义, 邹锋, 等. 不同锥栗农家种仁中 9 种矿物质含量的因子分析与聚类分析[J]. 食品科学, 2019, 40(2): 165–170.
ZHU ZJ, YUAN DY, ZOU F, *et al.* Factor analysis and cluster analysis of contents of 9 mineral elements in seed kernels of *Castanea henryi* from different varieties [J]. *Food Sci*, 2019, 40(2): 165–170.
- [26] 雷亚兰, 周志梅, 李瑾, 等. 基于主成分分析和聚类分析方法评价宝庆桂丁绿茶品质特性[J]. 食品工业科技, 2022, 43(6): 269–277.
LEI YL, ZHOU ZM, LI J, *et al.* Quality analysis of Baoqing guiding green tea based on principal component and cluster analysis [J]. *Food Ind Technol*, 2022, 43(6): 269–277.
- [27] 颜孙安, 钱爱萍, 姚清华, 等. 闽产李果实氨基酸组成及其营养分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2012, 20(6): 571–577.
YAN SAN, QIAN AIP, YAO QH, *et al.* Amino acid composition and nutrition analysis of plums in Fujian Province [J]. *J Trop Subtrop Botany*, 2012, 20(6): 571–577.
- [28] 丁松, 黄和, 胡焱. 氨基酸分析研究进展[J]. 生物加工过程, 2018, 16(3): 12–21.
DING S, HUANG H, HU Y. Research progress on amino acids analysis [J]. *Chin J Bioproc Eng*, 2018, 16(3): 12–21.
- [29] 刘雨婷, 樊卫国. 刺梨花瓣的营养及保健成分与利用价值[J]. 中国南方果树, 2021, 50(4): 153–158.
LIU YT, FAN WG. Nutritional and health-care components and utilization value of *Rosa roxburghii* Tratt. petals [J]. *South China Fruits*, 2021, 50(4): 153–158.
- [30] 郭凯, 蒋相国, 李红梅, 等. 基于主成分分析和聚类分析的夏播花生综合评价研究[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(14): 24–28.
GUO K, JIANG XG, LI HM, *et al.* Study on comprehensive evaluation of summer peanut based on principal component analysis and cluster analysis [J]. *Hubei Agric Sci*, 2021, 60(14): 24–28.

(责任编辑: 韩晓红 郑丽)

作者简介

刘芳, 主要研究方向为中药资源与开发。

E-mail: 271285226@qq.com

任启飞, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为植物资源收集与保护。

E-mail: renqifei1985_2006@126.com