

不同产地雪菊氨基酸组成分析及综合评价

Analysis and comprehensive evaluation of amino acid composition of *Coreopsis tinctoria* from different habitats

吕青遥 周 敏 周慧玲 焦士蓉

LU Qing-yao ZHOU Min ZHOU Hui-ling JIAO Shi-rong

(西华大学食品与生物工程学院, 四川 成都 610039)

(School of Food and Bioengineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039, China)

摘要:目的:深入研究和开发利用雪菊资源。方法:采用盐酸水解法处理样品(和田、乌鲁木齐、阿坝、泸定、西宁 5 个产地雪菊),使用全自动氨基酸分析仪测定其 17 种氨基酸含量,在此基础上,分析雪菊氨基酸的呈味特征,与联合国粮农组织/世界卫生组织 FAO/WHO 颁布氨基酸模式谱相比较,计算雪菊的氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)、氨基酸比值系数分(SRC),并对雪菊的 17 种氨基酸进行相关性分析和聚类分析,综合评价雪菊蛋白质的营养价值。结果:5 种产地雪菊均含有 17 种氨基酸,氨基酸总含量差距不大。泸定、阿坝雪菊呈味特征以苦味为主,其余 3 种雪菊呈味强度从大到小依次为鲜味、苦味、甜味。与氨基酸模式谱相比较,5 个产地雪菊中 Met+Cys 均低于模式谱标准,泸定、和田与乌鲁木齐的其他必需氨基酸占总氨基酸的比例均接近并高于模式谱标准。根据 RC 值大小,可确定 Met 与 Cys 为雪菊的第一限制氨基酸。各产地雪菊 SRC 值为 75~80,必需氨基酸占氨基酸总量的比值(E/T 值)为 31%~36%,必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(E/N 值)为 46%~55%。5 个产地雪菊 E/N 值均略低于 FAO/WHO 理想蛋白质标准。结论:雪菊有丰富的氨基酸,具有一定的药用价值且冲泡口感好,可深入开发。

关键词:雪菊;氨基酸分析;相关性分析;聚类分析

Abstract: Objective: This study focuses on in-depth research and development of the utilization of *Coreopsis tinctoria* resources.

Methods: The *Coreopsis* samples from Hetian, Urumqi, Aba, Luding and Xining were hydrolyzed with hydrochloric acid, and the contents of 17 kinds of amino acids were determined by automatic amino acid analyzer. On this basis, the characteristics of

amino acid flavor were analyzed and compared with the amino acid pattern spectrum issued by FAO/WHO. RAA, RC and SRC were calculated, and correlation analysis and cluster analysis were performed on 17 kinds of amino acids of chrysanthemum. Thereafter, the nutritional value of *Coreopsis* protein was comprehensively evaluated. **Results:** 17 kinds of amino acids were detected in all the 5 species from different habitats. The taste characteristics of Luding and Aba *Coreopsis* was mainly bitter, while the other three kinds of *Coreopsis* showed umami, bitter and sweet taste from the highest to the lowest. Compared with the amino acid pattern profile, the Met+Cys in *Coreopsis* from the five producing areas were lower than the pattern spectrum standard, and the proportions of other essential amino acids in the total amino acids in Luding, Hetian and Urumqi were close to and higher than the pattern spectrum standard. According to the RC value, Met and Cys were identified as the first limiting amino acids of *Coreopsis*. The SRC value ranged from 75 to 80, the ratio of essential amino acids to total amino acids (E/T value) ranged from 31% to 36%, and the ratio of essential amino acids to non-essential amino acids (E/N value) ranged from 46% to 55%. The E/N values of *Coreopsis* in all five regions are slightly lower than the FAO/WHO ideal protein standard. **Conclusion:** *Coreopsis* is rich in amino acids and has high nutritional value with certain medicinal value. It has good taste and can be used as a beneficial product resource for human body.

Keywords: *Coreopsis tinctoria*; amino acid analysis; correlation analysis; cluster analysis

雪菊学名两色金鸡菊(*Coreopsis tinctoria* Nutt.),为菊科金鸡菊属(*Coreopsis*)多年生草本植物^[1]。中国雪菊大多分布于新疆、四川、西藏等海拔较高地区。雪菊中富含黄酮、多酚、多糖、氨基酸、维生素等营养成分,具有抗衰老、抗氧化等作用^[2-3]。目前,雪菊的应用大多集中于

作者简介:吕青遥,女,西华大学在读硕士研究生。

通信作者:焦士蓉(1968—),女,西华大学教授,博士。

E-mail: 2966856221@qq.com

收稿日期:2022-03-24 改回日期:2022-09-18

复合饮料的开发,吴晓菊^[4]将银杏果与雪菊相结合调配制得银杏果雪菊复合饮料;姬华等^[5]以昆仑雪菊、红茶、冰糖为主要原料制得昆仑雪菊饮料,得到的雪菊复合饮料营养物质丰富,风味独特;宋生建等^[6]优化了雪菊酒的发酵工艺条件。而对雪菊氨基酸的风味分析及营养价值评价甚少。远辉等^[7]对新疆 5 种产地雪菊进行了氨基酸组分测定,但未进行营养价值评价。

研究拟以新疆和田、乌鲁木齐,青海西宁,四川阿坝、甘孜泸定 5 个产地的雪菊为研究对象,采用氨基酸自动分析仪测定不同产地雪菊氨基酸种类及含量,并采用营养学评价等方法对测定结果进行分析比较,以期为深入研究和开发利用优势雪菊提供理论依据。

1 材料及方法

1.1 材料、试剂和设备

雪菊:成都升聚汇商贸有限公司;

浓盐酸、柠檬酸钠:分析纯,成都市科隆化学用品有限公司;

17 种氨基酸混标:上海安谱实验科技股份有限公司;

真空干燥箱:DHG-9070A 型,上海博迅实业有限公司;

氨基酸自动分析仪:L-8900 型,株式会社日立制作所。

1.2 试验方法

1.2.1 氨基酸含量测定 参照远辉等^[7]的方法并稍作改进。称取粉碎干燥后的雪菊样品 0.2 g,置于 20 mL 水解管中,加入 6 mol/L 盐酸 15 mL,冷冻 5 min 后,抽真空后充入氮气,迅速封口,在 110 °C 干燥箱内水解 22 h。取出放冷至室温,过滤 3 次并将滤液用超纯水定容至 50 mL 容量瓶中,精密吸取 2 mL,55 °C 蒸干,再加入 1 mL pH 2.2 的柠檬酸钠缓冲液,溶解后,过 0.22 μm 膜使用。氨基酸测定条件:缓冲液流速 0.400 mL/min;茚三酮流速 0.350 mL/min;柱层析 4.6 mm×60.0 mm,3 μm 离子交换树脂;分离柱温 57.0 °C;反应柱温度 135 °C;进样体积 20 μL。

1.2.2 氨基酸营养价值评价 根据 FAO/WHO 的必需氨基酸模式^[8],参照文献^[9-10]计算样品中氨基酸比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)、氨基酸比值系数分(SRC)值。

$$R_{AA} = \frac{E_1}{E_2}, \quad (1)$$

$$R_C = \frac{R_1}{R_2}, \quad (2)$$

$$S_{RC} = 100 - C_1 \times 100, \quad (3)$$

式中:

R_{AA} ——氨基酸比值;

R_C ——氨基酸比值系数;

S_{RC} ——氨基酸比值系数分;

E_1 ——待评相应某必需氨基酸占氨基酸总量百分比;

E_2 ——相应氨基酸的 FAO/WHO 模式谱值;

R_1 ——某必需氨基酸的氨基酸比值;

R_2 ——各种必需氨基酸的氨基酸比值的平均值;

C_1 ——氨基酸比值系数的变异系数。

1.2.3 数据处理分析 采用 SPSS 分析软件进行处理和统计分析,结果以平均值±标准差表示,每个样品做 3 次重复。

2 结果与分析

2.1 不同产地雪菊氨基酸组分种类及含量分析

由表 1 可知,5 个产地的雪菊均含有 17 种氨基酸(未检测 Trp),且 5 个产地均含有 7 种必需氨基酸,分别是 Thr、Val、Met、Leu、Ile、Lys、Phe。各产地雪菊之间氨基酸含量存在差异。从氨基酸总量来看,乌鲁木齐的氨基酸总量最高,为(10.407±0.054) g/100 g,氨基酸总量最低的是泸定的雪菊,仅为(7.151±0.109) g/100 g。5 个产地雪菊中 Asp 含量均为最高,约占氨基酸总量的 18%,其中乌鲁木齐的雪菊 Asp 含量最高,Asp 呈鲜味,为雪菊提供了清香宜人的口感。5 个产地的雪菊中,Glu 和 Pro 的含量差异较大,其中 Glu 含量最高的是乌鲁木齐的雪菊,比阿坝的雪菊高出 0.563 g/100 g,Pro 含量最高的是阿坝的雪菊,比和田的高出 0.459 g/100 g。从检测结果来看,5 个产地雪菊的氨基酸含量存在不同的差异,可能与各个产地的气候和种植环境不同有关,雪菊的氨基酸组成表现出丰富的多样性。

必需氨基酸总量最高的是乌鲁木齐的雪菊,达到 3.585 g/100 g。从必需氨基酸比例来看,5 种雪菊的 E/T 值为 31%~36%,E/N 值为 46%~55%,其中和田的 E/T 值和 E/N 值均为最高,说明和田的雪菊必需氨基酸含量更为丰富,有更高的营养价值。根据 FAO/WHO 提出的理想蛋白质中 E/T 值为 40%,E/N 值为 60%^[8],5 种雪菊的 E/T 值与 E/N 值均接近并略低于理想蛋白标准。但是根据赵璇等^[11]的研究,茶叶的 E/T 值为 15%~22%,E/N 值在 35%左右,研究的 5 个产地的雪菊的 E/T 值和 E/N 值均高于茶叶的,表明雪菊中的氨基酸含量相对丰富。

2.2 不同产地雪菊呈味氨基酸分析

氨基酸是维系人体生命活动的重要物质,它不仅具有各种生理功能,而且大多数氨基酸及其盐具有甜味或苦味,少数几种具有鲜味或酸味^[12]。按照其呈味特征,一般将其分成鲜味氨基酸、甜味氨基酸、苦味氨基酸和无味氨基酸四大类^[13]。

味道强度值(TAV)为呈味物质的浓度与其呈味阈值

表 1 不同产地雪菊氨基酸种类及含量[†]

Table 1 Determination of amino acid species and content *Coreopsis tinctoria* from different habitats

产地	Asp/	Thr* /	Ser/	Glu/	Pro/	Gly/	Ala/	Cys/
	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)
泸定	1.178±0.019 ^a	0.318±0.005 ^a	0.382±0.005 ^a	0.903±0.014 ^a	0.739±0.020 ^c	0.386±0.005 ^b	0.420±0.006 ^b	0.072±0.000 ^b
西宁	1.388±0.023 ^c	0.319±0.005 ^a	0.411±0.006 ^b	1.006±0.014 ^b	0.752±0.021 ^c	0.396±0.007 ^b	0.445±0.007 ^c	0.065±0.010
阿坝	1.213±0.015 ^b	0.314±0.005 ^a	0.376±0.007 ^a	0.895±0.013 ^a	0.948±0.024 ^d	0.373±0.004 ^a	0.390±0.012 ^a	0.074±0.002 ^b
乌鲁木齐	2.040±0.011 ^e	0.504±0.004 ^b	0.574±0.003 ^c	1.458±0.005 ^d	0.523±0.011 ^b	0.542±0.003 ^c	0.584±0.003 ^d	0.132±0.001 ^c
和田	1.840±0.021 ^d	0.507±0.006 ^b	0.578±0.007 ^c	1.432±0.018 ^c	0.489±0.007 ^a	0.551±0.008 ^c	0.590±0.007 ^d	0.149±0.001 ^d
产地	Val* /	Met* /	Ile* /	Leu* /	Tyr/	Phe* /	Lys* /	His/
	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)
泸定	0.370±0.004 ^b	0.048±0.000 ^a	0.322±0.005 ^c	0.551±0.008 ^b	0.162±0.003 ^a	0.360±0.004 ^b	0.447±0.008 ^b	0.135±0.004 ^a
西宁	0.348±0.006 ^a	0.085±0.001 ^c	0.284±0.005 ^a	0.533±0.009 ^a	0.183±0.003 ^b	0.361±0.006 ^b	0.466±0.008 ^c	0.141±0.002 ^b
阿坝	0.363±0.006 ^b	0.052±0.002 ^b	0.310±0.004 ^b	0.532±0.008 ^a	0.163±0.003 ^a	0.352±0.006 ^a	0.427±0.005 ^a	0.145±0.001 ^b
乌鲁木齐	0.522±0.002 ^d	0.071±0.001 ^c	0.454±0.002 ^e	0.784±0.004 ^c	0.250±0.001 ^c	0.513±0.001 ^c	0.738±0.003 ^d	0.234±0.001 ^d
和田	0.508±0.006 ^c	0.074±0.001 ^d	0.444±0.007 ^d	0.796±0.012 ^c	0.260±0.005 ^d	0.507±0.003 ^c	0.747±0.004 ^d	0.225±0.002 ^c
产地	Arg/	T/	E/	N/	E/T/%	E/N/%		
	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)	(10 ⁻² g · g ⁻¹)				
泸定	0.356±0.004 ^a	7.151±0.109	2.417±0.033	4.733±0.076	33.80	51.07		
西宁	0.372±0.007 ^b	7.556±0.120	2.395±0.038	5.161±0.083	31.70	46.41		
阿坝	0.351±0.009 ^a	7.276±0.075	2.350±0.033	4.927±0.042	32.30	47.70		
乌鲁木齐	0.485±0.003 ^d	10.407±0.054	3.585±0.017	6.822±0.037	34.45	52.55		
和田	0.414±0.004 ^c	10.110±0.107	3.583±0.034	6.527±0.073	35.44	54.90		

[†] * 为必需氨基酸;同列小写字母不同表示差异显著($P<0.05$);T 为氨基酸总量,E 为必需氨基酸总量,N 为非必需氨基酸总量。

的比值,其值越大说明该呈味物质对呈味特征的贡献越大。由表 2 可知,雪菊中有 2 种鲜味氨基酸、5 种甜味氨基酸、9 种苦味氨基酸。在雪菊鲜味特征中,2 种鲜味氨基酸对乌鲁木齐的雪菊贡献最大,其次是和田的。在雪菊的甜味特征中,除了 Pro 对阿坝的雪菊贡献最大以外,其他 4 种甜味氨基酸均对和田的雪菊贡献最大。在雪菊的苦味特征中,Met 对西宁的雪菊贡献最大;His、Arg、Val、Ile、Phe 对乌鲁木齐的雪菊贡献最大;Lys、Leu、Tyr 对和田的雪菊贡献最大。

综上所述,乌鲁木齐和和田的雪菊呈味氨基酸更为丰富,可能与新疆的环境气候以及土壤条件有关。多种呈味氨基酸相互作用,赋予了雪菊苦中回甜、甘冽清爽的冲泡滋味及口感,使得雪菊在食品、饮品行业中存在巨大的开发潜力。

2.3 不同产地雪菊必需氨基酸组成比例与 FAO/WHO 氨基酸模式谱比较

蛋白质中所含必须氨基酸组成比例越接近人体必需氨基酸比例,则其质量越好^[16]。由表 3 可知,5 个产地雪菊中的 Met+Cys 都低于模式谱标准,通常来说,Met 是大多数非谷类植物蛋白质的第一限制氨基酸^[17]。在这 5 个产地中,除了 Met+Cys 都低于模式谱标准以外,西宁雪菊的 Ile、Val 和阿坝雪菊的 Val 也略低于模式谱标准,但泸定、乌鲁木齐、和田 3 个产地的其他必需氨基酸

比例都超过了模式谱标准,说明这 3 个产地的雪菊的必需氨基酸含量相对丰富。

2.4 不同产地雪菊必需氨基酸 RAA、RC 及 SRC 比较

由表 4 可知,各个产地雪菊的氨基酸含量不均衡,氨基酸含量不足或者过剩都会影响蛋白质营养价值。5 个产地雪菊的 Met+Cys 的 RC 值均为最小,其他种类的氨基酸 RC 值均接近于 1,说明雪菊的 Met+Cys 含量相对不足,为雪菊的第一限制氨基酸。在食用雪菊时,建议与 Met+Cys 相对过剩的金针菇^[18]或 Phe+Tyr 相对缺乏的松露^[19]等食物搭配,可以使人体获得更为全面的蛋白质。5 个产地的 SRC 值为 75~80,均高于 7 种云南产核桃中的氨基酸 SRC 值^[18],西宁雪菊的 SRC 值最高,代表其营养价值相对较高。

2.5 不同产地雪菊氨基酸相关性分析

由表 5 可知,不同氨基酸之间存在着特定的相关性,雪菊大部分氨基酸组分间相关性较强,各种氨基酸之间既存在正相关也存在负相关。Asp 与 Thr、Ser、Glu、Gly、Ala、Tyr、Phe、Lys、His 氨基酸之间存在极为显著的正相关性;Thr 除了与 Pro、Met 及 Arg 之外,与其他的氨基酸之间均存在极为显著的正相关性。仅 Pro 与其他氨基酸均呈负相关,并且与 Ala 之间呈现最大相关性。Met 与其他氨基酸的相关性均不显著;与 Arg 相关性最低的为 Met(0.427),与 Met 相关性最低的为 Ile(0.217)。

2.6 不同产地雪菊氨基酸系统聚类分析

由图 1 可知,在类间距离为 15 时,5 个产地样品分为两大类。成分上的差异可能与气候、地理位置等生态环境有一定的关联性。第 1 类为泸定、阿坝、西宁雪菊,这

一类主要聚集了呈味氨基酸味道强度值相对较低的品种;第 2 类为乌鲁木齐、和田雪菊,这类雪菊呈味氨基酸味道强度值均相对较高,冲泡口感较好,且这些雪菊颜色更深,外观好看,更受消费者欢迎。

表 2 不同产地雪菊呈味氨基酸的 TAV 值

Table 2 TAV values of flavoring amino acids in <i>Coreopsis tinctoria</i> from different habitats							
滋味特征 ^[14]	氨基酸	阈值 ^[15] /(10 ⁻² g·g ⁻¹)	泸定	西宁	阿坝	乌鲁木齐	和田
D(鲜味)	Asp	0.10	11.78	13.88	12.13	20.40	18.40
	Glu	0.03	30.10	33.53	29.83	48.60	47.73
	Thr	0.26	1.22	1.23	1.21	1.94	1.95
	Gly	0.13	2.97	3.05	2.87	4.17	4.24
S(甜味)	Ser	0.15	2.55	2.74	2.51	3.83	3.85
	Ala	0.06	7.00	7.42	6.50	9.73	9.83
	Pro	0.30	2.46	2.51	3.16	1.74	1.63
	His	0.02	6.75	7.05	7.25	11.70	11.25
	Lys	0.05	8.94	9.32	8.54	14.76	14.94
	Met	0.03	1.60	2.83	1.73	2.37	2.47
	Arg	0.05	7.12	7.44	7.02	9.70	8.28
	Val	0.04	9.25	8.70	9.08	13.05	12.70
B(苦味)	Leu	0.19	2.90	2.81	2.80	4.13	4.19
	Ile	0.09	3.58	3.16	3.44	5.04	4.93
	Phe	0.09	4.00	4.01	3.91	5.70	5.63
	Tyr	0.26	0.62	0.70	0.63	0.96	1.00

表 3 不同产地雪菊必需氨基酸占总氨基酸含量分数与 FAO/WHO 推荐氨基酸模式谱比较

Table 3 The proportion of essential amino acids in total amino acid of *Coreopsis tinctoria* from different habitats comparing with the pattern spectrum of amino acids recommended by FAO/WHO %

氨基酸	FAO/WHO 模式谱	泸定	西宁	阿坝	乌鲁木齐	和田
Thr	4.00	4.45	4.22	4.31	4.84	5.02
Val	5.00	5.18	4.60	4.98	5.01	5.02
Met+Cys	3.50	1.68	2.00	1.73	1.95	2.20
Leu	7.00	7.71	7.05	7.31	7.54	7.87
Ile	4.00	4.51	3.76	4.26	4.36	4.39
Phe+Tyr	6.00	7.30	7.20	7.08	7.33	7.59
Lys	5.50	6.25	6.16	5.87	7.09	7.39

表 4 不同产地雪菊各种必需氨基酸的 RAA、RC 及 SRC 比较

Table 4 Comparison of RAA, RC and SRC of essential amino acids in *Coreopsis tinctoria* from different habitats

产地	Ile		Leu		Lys		Met+Cys		Phe+Tyr		Thr		Val		SRC
	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	RAA	RC	
泸定	1.13	1.09	1.10	1.07	1.14	1.10	0.48	0.47	1.22	1.18	1.11	1.08	1.04	1.01	75.89
西宁	0.94	0.96	1.01	1.04	1.12	1.15	0.57	0.59	1.20	1.23	1.05	1.08	0.92	0.95	79.16
阿坝	1.07	1.08	1.04	1.06	1.07	1.08	0.50	0.50	1.18	1.19	1.08	1.09	1.00	1.01	77.30
乌鲁木齐	1.09	1.02	1.08	1.01	1.29	1.21	0.56	0.52	1.22	1.15	1.21	1.14	1.00	0.94	77.04
和田	1.10	1.00	1.12	1.02	1.34	1.22	0.63	0.57	1.26	1.15	1.25	1.14	1.00	0.91	78.37

表 5 雪菊氨基酸间相关性分析[†]
Table 5 Correlation analysis of amino acids in *Coreopsis tinctoria*

种类	Asp	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Cys	Val
Asp	1.000								
Thr	0.961 **	1.000							
Ser	0.976 **	0.993 **	1.000						
Glu	0.986 **	0.989 **	0.998 **	1.000					
Pro	-0.877	-0.904 *	-0.922 *	-0.917 *	1.000				
Gly	0.964 **	0.997 **	0.998 **	0.994 **	-0.929 *	1.000			
Ala	0.968 **	0.982 **	0.995 **	0.993 **	-0.956 *	0.993 **	1.000		
Cys	0.902 *	0.984 **	0.967 **	0.954 *	-0.867	0.978 **	0.950 *	1.000	
Val	0.947 *	0.992 **	0.974 **	0.970 **	-0.880 *	0.982 **	0.959 **	0.976 **	1.000
Met	0.543	0.391	0.493	0.515	-0.492	0.446	0.523	0.310	0.291
Ile	0.920 *	0.982 **	0.956 *	0.949 *	-0.867	0.968 **	0.939 *	0.975 **	0.997 **
Leu	0.947 *	0.998 **	0.988 **	0.981 **	-0.910 *	0.995 **	0.978 **	0.988 **	0.994 **
Tyr	0.966 **	0.984 **	0.997 **	0.994 **	-0.916 *	0.993 **	0.991 **	0.963 **	0.956 *
Phe	0.969 **	0.999 **	0.994 **	0.991 **	-0.911 *	0.997 **	0.985 **	0.977 **	0.993 **
Lys	0.968 **	0.998 **	0.998 **	0.995 **	-0.925 *	1.000 **	0.992 **	0.977 **	0.984 **
His	0.973 **	0.993 **	0.986 **	0.985 **	-0.860	0.985 **	0.966 **	0.970 **	0.990 **
Arg	0.957 *	0.879 *	0.886 *	0.907 *	-0.800	0.874	0.880 *	0.787	0.892 *

种类	Met	Ile	Leu	Tyr	Phe	Lys	His	Arg
Asp								
Thr								
Ser								
Glu								
Pro								
Gly								
Ala								
Cys								
Val								
Met	1.000							
Ile	0.217	1.000						
Leu	0.355	0.988 **	1.000					
Tyr	0.540	0.934 *	0.977 **	1.000				
Phe	0.398	0.982 **	0.997 **	0.983 **	1.000			
Lys	0.444	0.970 **	0.995 **	0.992 **	0.998 **	1.000		
His	0.389	0.977 **	0.988 **	0.974 **	0.993 **	0.988 **	1.000	
Arg	0.427	0.868	0.865	0.856	0.897 *	0.881 *	0.906 *	1.000

[†] 相关性为 Pearson 类型; *. 显著相关($P<0.05$); * *. 极显著相关($P<0.01$)。

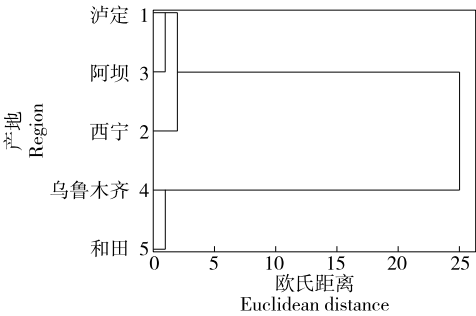


图 1 不同产地雪菊氨基酸聚类分析图

Figure 1 Amino acid cluster analysis diagram of *Coreopsis tinctoria* from different habitats

3 结论

对和田、乌鲁木齐、阿坝、泸定、西宁 5 个产地的雪菊氨基酸进行了综合分析,结果表明 5 个产地雪菊的氨基酸含量以及组成上各有不同,可能与各地的环境气候、土壤条件以及地形情况等生态因子不同有关。和田产地雪菊的必需氨基酸总量与氨基酸总量的比值和必需氨基酸总量与非必需氨基酸总量的比值均为最高,说明其有更高的营养价值。其中乌鲁木齐雪菊呈味氨基酸总量要高于其他 4 个产地,说明其冲泡口感较好,滋味醇厚。各产地呈味氨基酸含量总和与其总氨基酸含量呈一定的正相关。总的来说,5 个产地的雪菊氨基酸种类齐全,营养价

值较高,具有应用于食品、医药、化妆品等行业的潜力。

参考文献

- [1] 过利敏, 张平, 张谦, 等. 雪菊化学成分分析、提取、鉴定及其生物活性研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(7): 298-304.
GUO L M, ZHANG P, ZHANG Q, et al. Recent advances in the analysis, extraction, characterization and biological activities of chemical substances of Kunlun chrysanthemum (*Coreopsis tinctoria*) [J]. Food Science, 2014, 35(7): 298-304.
- [2] 曹娅, 王慎岑, 潘广彦, 等. 昆仑雪菊化学成分及功能活性研究进展[J]. 中国果菜, 2019, 39(9): 44-48.
CAO Y, WANG S L, PAN G Y, et al. Research progress on chemical constituents and functional activities of *Coreopsis tinctoria* flower from Kunlun mountain[J]. China Fruit & Vegetable, 2019, 39(9): 44-48.
- [3] 阳敦学, 彭秀达, 卢先州. 雪菊药理作用的研究进展[J]. 湘南学院学报(医学版), 2019, 21(2): 75-78.
YANG D X, PENG X D, LU X Z. Research progress of pharmacological action of *Coreopsis tinctoria* flower[J]. Journal of Xiangnan University: Medical Sciences, 2019, 21(2): 75-78.
- [4] 吴晓菊. 银杏果雪菊复合饮料的生产工艺[J]. 食品安全导刊, 2018(3): 137.
WU X J. Production process of ginkgo fruit *Coreopsis tinctoria* nutt composite beverage[J]. China Food Safety Magazine, 2018(3): 137.
- [5] 姬华, 彭红艳, 王庆玲. 昆仑雪菊饮料的工艺研究[J]. 食品科技, 2017, 42(1): 139-144.
JI H, PENG H Y, WANG Q L. The technology of Kunlun snow chrysanthemum beverage[J]. Food Science and Technology, 2017, 42(1): 139-144.
- [6] 宋生建, 王小标, 钟凯强, 等. 雪菊酒酿造工艺优化及香气成分分析[J]. 食品工业, 2018, 39(1): 8-13.
SONG S J, WANG X B, ZHONG K Q, et al. Optimization of fermentation process for *Coreopsis tinctoria* nutt. wine and analysis of aroma components[J]. The Food Industry, 2018, 39(1): 8-13.
- [7] 远辉, 孙蕾, 杨文菊. 新疆不同产地雪菊中氨基酸的测定及分析[J]. 食品科技, 2015, 40(7): 326-329.
YUAN H, SUN L, YANG W J. Determination and analysis of the amino acid content in the different growing areas of the *Coreopsis tinctoria* flower of Xinjiang uygur autonomous region[J]. Food Science and Technology, 2015, 40(7): 326-329.
- [8] FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements[R]. Rome: FAO Nutrition Meeting Report Series, 1973.
- [9] 谢丽源, 兰秀华, 唐杰, 等. 不同羊肚菌品种氨基酸营养评价及等鲜浓度值差异分析[J]. 天然产物研究与开发, 2020, 32(6): 1 023-1 029, 979.
XIE L Y, LAN X H, TANG J, et al. Nutritional evaluation of different amino acids and difference analysis of equivalent umami concentration in *Morchella* spp.[J]. Natural Product Research and Development, 2020, 32(6): 1 023-1 029, 979.
- [10] 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): 1 889-1 894.
YANG X K, WANG L X, YE Y P, 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]. Food Safety and Quality Detection Technology, 2020, 11(6): 1 889-1 894.
- [11] 赵璇, 李新生, 韩豪, 等. 汉中茶叶氨基酸含量测定及营养价值评价分析[J]. 氨基酸和生物资源, 2016, 38(1): 17-23.
ZHAO X, LI X S, HAN H, et al. Determination and nutritional evaluation of amino acids from different varieties of Hanzhong tea[J]. Biotic Resources, 2016, 38(1): 17-23.
- [12] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001(1): 19-22.
WU Y W, OUYANG J. Flavoring of amino acids and peptides in food[J]. China Condiment, 2001(1): 19-22.
- [13] 李蕊, 王一然, 刘一鸣, 等. 不同益生元对酸奶游离氨基酸及风味的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(20): 83-89.
LI R, WANG Y R, LIU Y M, et al. Effect of adding different prebiotics on free amino acids and flavor of yogurt[J]. Food Science, 2020, 41(20): 83-89.
- [14] YU M, HE S D, TANG M M, et al. Antioxidant activity and sensory characteristics of Maillard reaction products derived from different peptide fractions of soybean meal hydrolysate [J]. Food Chemistry, 2018, 243: 249-257.
- [15] ZHU W H, LUAN H W, BU Y, et al. Changes in taste substances during fermentation of fish sauce and the correlation with protease activity[J]. Food Research International, 2021, 144: 110349.
- [16] 孙娟娟, 阿拉木斯, 赵金梅, 等. 6 个紫花苜蓿品种氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 中国农业科学, 2019, 52(13): 2 359-2 367.
SUN J J, Alamusi, ZHAO J M, et al. Analysis of amino acid composition and six native alfalfa cultivars [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2019, 52(13): 2 359-2 367.
- [17] 罗晓莉, 张沙沙, 严明, 等. 云南 8 种栽培食用菌蛋白质和氨基酸分析及营养价值评价[J]. 食品工业, 2021, 42(8): 328-332.
LUO X L, ZHANG S S, YAN M, et al. Protein and amino acid analysis and nutritional value evaluation of eight cultivation edible fungi in Yunnan province [J]. The Food Industry, 2021, 42(8): 328-332.
- [18] 吴莹莹, 鲍大鹏, 王瑞娟, 等. 6 种市售工厂化栽培金针菇的氨基酸组成及蛋白质营养评价[J]. 食品科学, 2018, 39(10): 263-268.
WU Y Y, BAO D P, WANG R J, et al. Amino acid composition and nutritional evaluation of proteins in six samples of cultivated *Flammulina velutipes*[J]. Food Science, 2018, 39(10): 263-268.
- [19] 李美凤, 刘娟汝, 陈艳, 等. 3 个不同产地的松露氨基酸组成及营养价值评价[J]. 食品工业, 2021, 42(1): 342-346.
LI M F, LIU J R, CHEN Y, et al. Amino acid composition and nutritional quality evaluation of truffles from 3 different growing regions[J]. The Food Industry, 2021, 42(1): 342-346.