

引用格式:

梁家怡, 楚禄洁, 周如, 覃业优, 杨剑锋, 蒋立文, 王蓉蓉. 辣椒籽可溶性蛋白和游离氨基酸组成分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(5): 535–542.

LIANG J Y, CHU L J, ZHOU R, QIN Y Y, YANG J F, JIANG L W, WANG R R. Analysis of the pepper seeds soluble proteins and their free amino acid composition[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2023, 49(5): 535–542.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



辣椒籽可溶性蛋白和游离氨基酸组成分析

梁家怡¹, 楚禄洁¹, 周如¹, 覃业优², 杨剑锋³, 蒋立文¹, 王蓉蓉^{1*}

(1.湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128; 2.湖南坛坛香食品科技有限公司, 湖南 长沙 410128;
3.浏阳市红秀农业科技有限公司, 湖南 浏阳 410300)

摘 要:以圆株1号、羊角椒、湘辣595、辣丰63、辣丰红、陈特辣、湘艳、皱皮椒等8个品种的辣椒籽为原料, 分析其可溶性蛋白和游离氨基酸的组成、含量及相关性, 探讨其呈味氨基酸的含量及味道强度值。结果表明: 8个品种辣椒籽中均以清蛋白含量(94.19~134.19 mg/g)最高, 醇溶蛋白含量(0.46~5.91 mg/g)最低; 辣椒籽中均检出24种游离氨基酸, 总含量为12.22~27.51 mg/g, 包括9种必需氨基酸(3.94~6.32 mg/g)、2种半必需氨基酸(1.13~2.71 mg/g)和13种非必需氨基酸(7.15~19.52 mg/g); 天冬酰胺、天冬氨酸、谷氨酰胺、苏氨酸等的含量均维持在较高水平; 对呈味氨基酸味道强度值进行分析, 发现圆株1号、湘辣595、辣丰63、辣丰红、陈特辣和皱皮椒等辣椒籽的主要呈味氨基酸均为甜味氨基酸, 而羊角椒和湘艳的呈味氨基酸则以鲜味氨基酸为主; 游离氨基酸聚类分析表明, 皱皮椒与陈特辣、湘艳聚为1类, 辣丰红与湘艳595、辣丰63聚为1类, 羊角椒与圆株1号聚为1类; 相关性分析表明, 精氨酸与蛋氨酸, 瓜氨酸分别与羟脯氨酸和缬氨酸, 苏氨酸、丝氨酸和谷氨酰胺两两间, 异亮氨酸、酪氨酸和亮氨酸两两间等9组氨基酸含量间均呈极显著正相关, 有23组氨基酸含量间呈显著正相关, 有3组氨基酸含量间呈显著负相关, 大多数氨基酸含量间的相关系数绝对值大于0.3, 表明各氨基酸间的相关性较强。

关 键 词:辣椒籽; 可溶性蛋白; 游离氨基酸; 呈味氨基酸; 味道强度值

中图分类号: S641.301; TS209

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)05-0535-08

Analysis of the pepper seeds soluble proteins and their free amino acid composition

LIANG Jiayi¹, CHU Lujie¹, ZHOU Ru¹, QIN Yeyou², YANG Jianfeng³, JIANG Liwen¹, WANG Rongrong^{1*}

(1.College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 2.Hunan Tantanxiang Food Technology Co. Ltd, Changsha, Hunan 410128, China; 3.Liuyang Hongxiu Agricultural Technology Co. Ltd, Liuyang, Hunan 410300, China)

Abstract: Eight varieties of pepper seeds, namely Yuanzhu No.1, Yangjiao pepper, Xiangla595, Lafeng63, Lafenghong, Chentela, Xiangyan, Zhoupi pepper, were used as the studied materials, their soluble proteins and free amino acid compositions, contents and correlation were analyzed and the contents of flavor amino acid and taste active value were explored. The results showed that albumin contents were the highest in the eight varieties with 94.19-134.19 mg/g, and prolamin contents were the lowest(0.46-5.91 mg/g). Twenty four kinds of free amino acids were detected and the total contents were 12.22-27.51 mg/g, including 9 essential amino acids(3.94-6.32 mg/g), 2 semi-essential amino acids(1.13-2.71 mg/g) and 13 non-essential amino acids(7.15-19.52 mg/g). The contents of asparagine, aspartic acid, glutamine, threonine et al were maintained at higher level. The taste active value of flavor amino acids indicated that the main flavor amino acids in Yuanzhu No. 1, Xiangla595, Lafeng63, Lafenghong, Chentela and Zhoupi pepper seeds were

收稿日期: 2022-05-23

修回日期: 2023-09-24

基金项目: 长沙市自然科学基金项目(kq2208075); 国家自然科学基金项目(31601525); 湖南省自然科学基金项目(2019JJ50256)

作者简介: 梁家怡(1999—), 女, 黑龙江宾县人, 硕士研究生, 主要从事果蔬加工及贮藏研究, 3372648819@qq.com; *通信作者, 王蓉蓉, 博士, 副教授, 主要从事果蔬加工及贮藏研究, sdauwrr@163.com

sweet amino acid, but Yangjiao pepper and Xiangyan were umami amino acid. The cluster analysis of free amino acids showed that Zhoupi pepper was clustered with Chentela and Xiangyan, Lafenghong was clustered with Xiangyan595 and Lafeng63, and Yangjiao pepper was clustered with Yuanzhu No. 1. The correlation analysis showed that the contents of 9 groups of amino acids(arginine and methionine, citrulline and hydroxyproline and valine respectively, threonine, serine and glutamine in pairs, isoleucine, tyrosine and leucine in pairs) were positively correlated with each other, the contents of 23 groups of amino acids were positively correlated with each other, and the contents of 3 groups were negatively correlated with each other. The absolute value of the correlation coefficient between most amino acids contents were greater than 0.3, indicating that the correlation between each amino acid was strong.

Keywords: pepper seed; soluble protein; free amino acid; flavor amino acid; taste active value

辣椒(*Capsicum annuum* L.)为茄科辣椒属植物,在世界范围内广泛种植。中国在辣椒种植和产量方面处于重要地位,2020 年中国辣椒种植面积约为 $8.14 \times 10^9 \text{ m}^2$,产量约 $1.96 \times 10^7 \text{ t}$,种植区域主要分布在江西、贵州、湖南、河南、新疆、河北、山东等地^[1-2]。辣椒籽作为辣椒加工过程中的主要副产物,占辣椒果实干质量的 30%~60%,但其在加工过程中并未得到高效利用,造成资源浪费和环境污染^[3-4]。如何提高辣椒籽利用率成为辣椒加工中亟待解决的问题。

辣椒籽的蛋白质含量丰富,约占 17.30%~19.83%,且易被人体消化和吸收^[5-7]。李荣等^[8]发现,辣椒籽中含量由高到低的蛋白依次为清蛋白、谷蛋白、球蛋白和醇溶蛋白。辣椒籽内某些蛋白质在改性或酶解处理后能得到具有抑菌、抗氧化等功能活性的多肽,可用作天然食品防腐剂或抗氧化剂,还可用于开发保健品或药品^[9-11]。此外,辣椒籽中还含有丰富的游离氨基酸,可作为重要的呈味物质,丰富食品的味觉层次并参与风味物质合成,具有重要的生理功能和药用价值^[12-15]。宁娜^[16]发现,不同品种辣椒籽中游离氨基酸含量为 9.01%~15.12%,其中必需氨基酸含量约占辣椒籽的 2.11%~4.55%,或者更高。研究不同品种辣椒籽可溶性蛋白和游离氨基酸组成对其高效利用具有重要意义。本研究中,笔者以湖南坛坛香食品科技有限公司提供的 8 个品种辣椒的辣椒籽为原料,对其可溶性蛋白和游离氨基酸组成进行比较分析,旨在为后期合理利用辣椒籽资源提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料与主要试剂

供试 8 个辣椒品种为圆株 1 号、羊角椒、湘辣 595、辣丰 63、辣丰红、陈特辣、湘艳、皱皮椒,

均由湖南坛坛香食品科技有限公司提供。将其辣椒籽冷冻干燥,粉碎后过孔径 0.43 mm 的筛后,抽真空包装,于 -20°C 避光贮藏,备用。

考马斯亮蓝 G-250,分析纯,为普润斯生物科技有限公司产品;牛血清蛋白(BSA),分析纯,为上海浩然生物技术有限公司产品;邻苯二甲醛(OPA)、3-巯基丙酸、二水合磷酸二氢钠、十二水合磷酸氢二钠、氢氧化钠、硼酸、浓盐酸、氯化钠、乙醇、甲醇、乙腈,分析纯,为国药集团化学试剂有限公司产品;氨基酸标准品,色谱纯,为北京拜耳迪生物技术有限公司产品。

1.2 主要仪器与设备

SHYP 型电子天平,北京中西远大科技有限公司产品;LGJ-25G 型冷冻干燥机,北京四环福瑞科仪科技发展有限公司产品;UV-1800 型紫外-可见分光光度计,Shimadzu 产品;LC-20A 型高效液相色谱仪,岛津仪器有限公司产品;DE-50g 型万能粉碎机,浙江红景天工贸有限公司产品;Avanti J-26 XP 型高速离心机,Beckman Coulter 产品。

1.3 试验方法

1.3.1 可溶性蛋白含量测定

参照 OSBORNE^[17]的方法,提取辣椒籽中的可溶性蛋白;参照肖轲等^[18]的方法,测定提取液中可溶性蛋白的含量。

1.3.2 氨基酸组成分析

参照王馨雨等^[19]的方法提取辣椒籽中的氨基酸;参照葛帅等^[20]的方法,采用液相色谱质谱联用法测定氨基酸的组成。计算鲜味氨基酸(谷氨酸、天冬氨酸、赖氨酸),芳香族氨基酸(苯丙氨酸、酪氨

酸), 甜味氨基酸(苏氨酸、甘氨酸、组氨酸、丙氨酸、脯氨酸、丝氨酸), 苦味氨基酸(蛋氨酸、精氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、色氨酸)等 4 类呈味氨基酸的含量。由于不同氨基酸味觉感知阈值不同, 高含量氨基酸对食品风味贡献不一定大, 因此, 采用味道强度值(TAV)对辣椒籽中各呈味氨基酸进行评价。TAV 为氨基酸含量与其呈味阈值之比。TAV>1, 表明该呈味氨基酸对风味贡献大, 且数值越大, 呈味作用越明显; TAV<1, 表明该呈味氨基酸对风味贡献小, 呈味作用不明显。

1.4 数据统计分析

所有试验均重复 3 次, 结果采用平均值±标准差表示。采用 SPSS 22.0 对数据进行显著性分析、相关性分析; 运用 Origin 2021 进行聚类分析和绘图。

2 结果与分析

2.1 供试辣椒籽的可溶性蛋白组成

从表 1 可知: 8 个品种辣椒籽中以皱皮椒的清蛋白含量最高, 为 134.19 mg/g, 其次为圆珠 1 号的, 为 119.66 mg/g, 湘艳的最低, 仅为 94.19 mg/g; 辣丰红的谷蛋白含量最高, 达 94.66 mg/g, 其次为羊角椒的, 为 90.59 mg/g, 湘艳的最低, 为 32.47 mg/g; 羊角椒的球蛋白含量最高, 达 67.78 mg/g, 湘辣 595 和湘艳的相对较低, 分别为 34.66、36.84 mg/g; 羊角椒的醇溶蛋白含量最高, 为 5.91 mg/g, 而湘艳、陈特辣、辣丰 63、皱皮椒及湘辣 595 的均较低, 小于 1 mg/g。由此可见, 8 个品种辣椒籽中 4 种可溶性蛋白含量间均存在较大差异。

表 1 8 个品种辣椒籽中可溶性蛋白的含量和占比

品种	含量/(mg g ⁻¹)				占比/%			
	清蛋白	谷蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	清蛋白	谷蛋白	球蛋白	醇溶蛋白
圆珠 1 号	(119.66±0.03)b	(57.16±0.04)d	(56.06±0.04)c	(3.09±0.01)c	(50.71±0.02)e	(24.22±0.03)e	(23.76±0.02)c	(1.31±0.00)c
羊角椒	(118.25±0.02)c	(90.59±0.02)b	(67.78±0.03)a	(5.91±0.01)a	(41.85±0.02)g	(32.07±0.04)c	(23.99±0.03)c	(2.09±0.01)a
湘辣 595	(97.47±0.02)g	(56.38±0.03)e	(34.66±0.02)h	(0.93±0.00)d	(51.45±0.04)d	(29.76±0.02)d	(18.30±0.01)g	(0.49±0.01)d
辣丰 63	(100.28±0.05)f	(79.34±0.01)c	(46.22±0.01)f	(0.89±0.01)f	(44.23±0.03)f	(34.99±0.02)b	(20.39±0.03)f	(0.39±0.00)e
辣丰红	(102.47±0.03)e	(94.66±0.03)a	(53.41±0.04)d	(3.56±0.01)b	(40.33±0.03)h	(37.25±0.01)a	(21.02±0.01)e	(1.40±0.00)b
陈特辣	(103.25±0.04)d	(41.53±0.04)f	(48.25±0.04)e	(0.49±0.00)g	(53.35±0.02)c	(21.47±0.03)f	(24.93±0.02)b	(0.25±0.00)g
湘艳	(94.19±0.04)h	(32.47±0.03)h	(36.84±0.01)g	(0.46±0.00)h	(57.45±0.03)b	(19.80±0.03)g	(22.47±0.02)d	(0.28±0.00)f
皱皮椒	(134.19±0.02)a	(36.84±0.02)g	(59.34±0.02)b	(0.91±0.00)e	(58.02±0.01)a	(15.93±0.01)h	(25.66±0.01)a	(0.39±0.01)e

同列不同字母示品种间的差异有统计学意义(P<0.05)。

由表 1 还可知, 8 个品种辣椒籽可溶性蛋白均以清蛋白的占比最高, 可达 40.33%~58.02%, 其次为谷蛋白或球蛋白的, 占比分别为 15.93%~37.25%、18.30%~25.65%, 醇溶蛋白的占比最低, 仅为 0.25%~2.09%。可见, 清蛋白和谷蛋白是辣椒籽中的主要可溶性蛋白, 两者占比总和超过 73%。

2.2 供试辣椒籽的游离氨基酸组成

从表 2 可以看出, 不同品种辣椒籽中均检出 24 种游离氨基酸, 包括苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、赖氨酸、正缬氨酸等 9 种必需氨基酸, 肌氨酸、脯氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、天冬酰胺、丝氨酸、谷氨酰胺、甘

氨酸、瓜氨酸、丙氨酸、酪氨酸、半胱氨酸、羟脯氨酸等 13 种非必需氨基酸, 组氨酸和精氨酸等 2 种半必需氨基酸。8 个品种辣椒籽总氨基酸含量为 12.22~27.51 mg/g, 其中辣丰 63 的游离氨基酸总量最高, 其次为湘辣 595 的, 皱皮椒的最低; 必需氨基酸含量为 3.94~6.32 mg/g, 占游离氨基酸总量的 18.07%~34.73%, 其中辣丰 63 的必需氨基酸含量最高, 湘辣 595 的次之, 皱皮椒的最少; 非必需氨基酸含量为 7.15~19.52 mg/g, 占游离氨基酸总量的 54%以上, 其中辣丰 63 的非必需氨基酸含量最高, 辣丰红的次之, 皱皮椒的最少; 半必需氨基酸含量为 1.13~2.71 mg/g, 约占总氨基酸含量的 6.07%~11.56%, 其中, 湘辣 595 的半必需氨基酸含

量最高,皱皮椒的最少。8 个品种辣椒籽的蛋白质丰 63 中大多数游离氨基酸的含量均较高,而皱皮椒均为优质蛋白质。总体而言,相比于其他品种,辣椒的自由氨基酸含量则较低。

表 2 8 个品种辣椒籽的游离氨基酸含量
Table 2 The free amino acid contents of eight varieties of pepper seeds

品种	必需氨基酸含量									mg/g
	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	色氨酸	苯丙氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	正缬氨酸	
圆珠 1 号	(1.36±0.01)e	(0.74±0.01)e	(0.24±0.04)e	(0.17±0.00)e	(0.72±0.00)c	(0.38±0.01)e	(0.65±0.03)c	(0.16±0.05)e	(0.13±0.00)d	
羊角椒	(1.48±0.00)d	(0.89±0.02)b	(0.22±0.04)f	(0.15±0.00)f	(0.81±0.04)d	(0.52±0.00)a	(0.88±0.03)a	(0.21±0.01)c	(0.15±0.01)c	
湘辣 595	(1.82±0.03)b	(0.88±0.05)b	(0.37±0.02)a	(0.22±0.01)d	(0.86±0.01)b	(0.42±0.02)d	(0.66±0.05)c	(0.23±0.05)b	(0.02±0.00)g	
辣丰 63	(2.04±0.00)c	(1.05±0.00)a	(0.30±0.05)c	(0.17±0.02)e	(0.92±0.04)a	(0.44±0.01)c	(0.65±0.00)c	(0.21±0.01)c	(0.54±0.03)a	
辣丰红	(1.61±0.04)c	(0.68±0.01)g	(0.27±0.02)d	(0.36±0.01)a	(0.77±0.04)e	(0.31±0.05)g	(0.45±0.02)f	(0.17±0.09)d	(0.05±0.02)e	
陈特辣	(1.56±0.06)cd	(0.84±0.00)c	(0.34±0.01)b	(0.24±0.04)b	(0.91±0.05)a	(0.48±0.01)b	(0.77±0.02)b	(0.24±0.00)ab	(0.18±0.00)b	
湘艳	(1.26±0.08)e	(0.80±0.09)d	(0.17±0.06)g	(0.25±0.01)b	(0.84±0.00)c	(0.36±0.07)f	(0.59±0.01)d	(0.25±0.08)a	(0.02±0.00)f	
皱皮椒	(1.05±0.04)f	(0.69±0.05)f	(0.15±0.02)h	(0.23±0.00)c	(0.63±0.03)g	(0.31±0.01)g	(0.52±0.00)e	(0.23±0.03)b	(0.13±0.02)d	

品种	非必需氨基酸含量								
	肌氨酸	脯氨酸	天冬氨酸	谷氨酸	天冬酰胺	丝氨酸	谷氨酰胺	甘氨酸	瓜氨酸
圆珠 1 号	(0.01±0.03)ab	(0.90±0.02)d	(1.94±0.01)d	(0.60±0.01)g	(5.68±0.06)d	(1.09±0.00)e	(0.99±0.01)e	(0.24±0.04)b	(0.01±0.00)e
羊角椒	(0.01±0.04)ab	(0.45±0.03)f	(0.75±0.05)g	(0.99±0.02)e	(2.49±0.01)h	(0.86±0.01)f	(0.88±0.00)f	(0.28±0.05)a	(0.02±0.02)b
湘辣 595	(0.01±0.03)ab	(1.06±0.02)c	(2.46±0.01)b	(1.85±0.00)a	(7.52±0.03)b	(1.47±0.06)c	(2.58±0.05)b	(0.26±0.00)a	(0.02±0.03)b
辣丰 63	(0.01±0.05)ab	(0.85±0.03)d	(2.59±0.01)a	(1.54±0.02)c	(7.04±0.08)c	(1.94±0.06)a	(3.54±0.00)a	(0.21±0.01)c	(0.02±0.03)a
辣丰红	(0.01±0.04)ab	(1.96±0.00)a	(2.18±0.00)c	(1.25±0.00)d	(9.01±0.01)a	(1.62±0.07)b	(1.52±0.05)d	(0.22±0.06)c	(0.01±0.00)cd
陈特辣	(0.01±0.04)a	(0.62±0.09)e	(2.39±0.00)b	(0.98±0.01)f	(3.30±0.02)f	(1.27±0.02)d	(2.43±0.03)c	(0.21±0.09)c	(0.02±0.01)b
湘艳	(0.01±0.09)c	(1.29±0.03)b	(1.76±0.00)e	(1.68±0.06)b	(4.70±0.04)e	(0.80±0.05)g	(0.54±0.01)h	(0.21±0.00)c	(0.01±0.03)de
皱皮椒	(0.01±0.02)bc	(0.35±0.00)f	(1.14±0.00)f	(0.48±0.02)h	(2.58±0.09)g	(0.64±0.00)h	(0.87±0.02)g	(0.19±0.02)d	(0.01±0.07)c

品种	非必需氨基酸含量				半必需氨基酸含量		总含量
	丙氨酸	酪氨酸	半胱氨酸	羟脯氨酸	组氨酸	精氨酸	
圆珠 1 号	(0.45±0.04)de	(0.35±0.01)f	(0.12±0.00)b	(0.09±0.06)d	(0.59±0.03)d	(0.75±0.05)e	(18.36±0.05)f
羊角椒	(0.78±0.00)b	(0.52±0.01)a	(0.16±0.00)a	(0.12±0.00)c	(0.93±0.03)b	(0.74±0.00)b	(15.29±0.02)g
湘辣 595	(0.50±0.00)e	(0.37±0.00)d	(0.07±0.06)e	(0.12±0.06)b	(0.88±0.01)b	(1.83±0.07)a	(26.48±0.04)b
辣丰 63	(1.05±0.00)a	(0.44±0.06)c	(0.17±0.00)a	(0.12±0.00)c	(0.71±0.00)c	(0.96±0.06)d	(27.51±0.04)a
辣丰红	(0.77±0.00)b	(0.36±0.00)e	(0.11±0.07)c	(0.08±0.06)e	(0.98±0.03)ab	(1.09±0.06)c	(25.84±0.06)c
陈特辣	(0.71±0.02)bc	(0.46±0.03)b	(0.04±0.03)f	(0.14±0.01)a	(1.08±0.01)a	(1.29±0.01)b	(20.51±0.04)d
湘艳	(0.62±0.02)cd	(0.33±0.04)g	(0.09±0.03)d	(0.08±0.00)e	(1.07±0.01)ab	(0.96±0.02)d	(18.69±0.03)e
皱皮椒	(0.45±0.00)e	(0.28±0.01)h	(0.06±0.00)e	(0.09±0.01)d	(0.58±0.01)d	(0.55±0.03)f	(12.22±0.02)h

同列不同字母示品种间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

从表 2 和图 1 可知,8 个品种辣椒籽中游离氨基酸含量最高的为天冬酰胺,约占总游离氨基酸的 16.09%~34.87%,其中辣丰红的天冬酰胺含量最高,陈特辣的含量最低;天冬氨酸、苏氨酸和谷氨酰胺的含量也较高,分别约占总游离氨基酸的 4.91%~11.65%、6.23%~9.68%和 2.89%~12.87%;半胱氨酸、蛋氨酸、色氨酸和赖氨酸的含量较少,其占比均不超过总游离氨基酸的 2%。从聚类结果(图 1)来看,8 个品种辣椒籽可聚为 3 类:皱皮椒与湘艳、陈特辣聚为 1 类;辣丰红与辣丰 63、湘艳 595 聚为 1 类;羊角椒与圆珠 1 号聚为 1 类。被聚为同类表明其游离氨基酸组成较为接近。

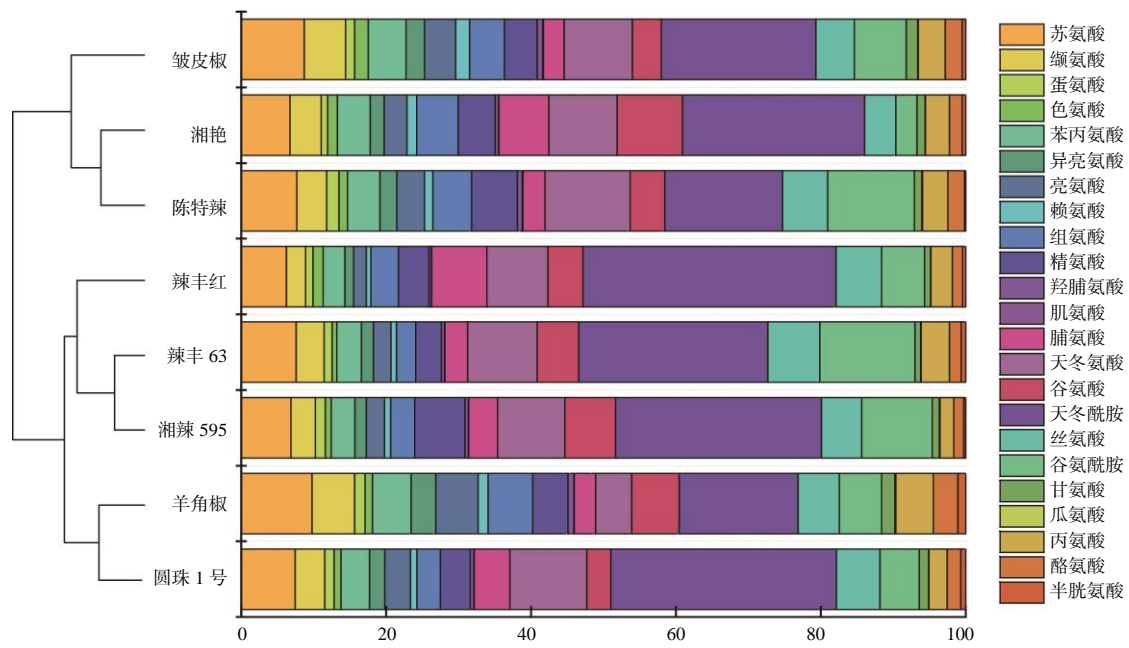


图 1 8 个品种辣椒籽的游离氨基酸组成及聚类

Fig.1 Free amino acid composition and cluster of eight varieties of pepper seeds

2.3 供试辣椒籽的呈味氨基酸含量及味道强度值

从表 3 可知:辣椒籽中以甜味氨基酸含量最高,

表 3 8 个品种辣椒籽的呈味氨基酸含量

Table 3 The contents of delicious amino acid of eight varieties of pepper seeds					mg/g
品种	鲜味氨基酸	甜味氨基酸	苦味氨基酸	芳香族氨基酸	
圆珠 1 号	(2.70±0.01)f	(4.63±0.02)g	(2.93±0.01)g	(1.07±0.01)g	
羊角椒	(1.95±0.01)g	(4.78±0.04)f	(3.40±0.02)d	(1.33±0.00)c	
湘辣 595	(4.54±0.01)a	(5.99±0.03)c	(4.38±0.01)a	(1.23±0.02)d	
辣丰 63	(4.34±0.01)b	(6.80±0.00)b	(3.57±0.02)c	(1.36±0.00)b	
辣丰红	(3.60±0.02)e	(7.16±0.01)a	(3.16±0.00)e	(1.13±0.01)f	
陈特辣	(3.61±0.01)d	(5.45±0.01)d	(3.96±0.01)b	(1.37±0.00)a	
湘艳	(3.69±0.02)c	(5.25±0.03)e	(3.13±0.01)f	(1.17±0.01)e	
皱皮椒	(1.85±0.00)h	(3.26±0.02)h	(2.45±0.02)h	(0.91±0.00)h	

同列不同字母示品种间的差异有统计学意义(P<0.05)。

为 3.26~7.16 mg/g, 其中, 辣丰红的最高, 其次为辣丰 63; 鲜味氨基酸含量为 1.85~4.54 mg/g, 且不同品种间差异有统计学意义, 湘辣 595(4.54 mg/g)和辣丰 63(4.34 mg/g)鲜味氨基酸含量较高; 苦味氨基酸含量为 2.45~4.38 mg/g, 湘辣 595 的最高, 皱皮椒的最低; 相比于其他 3 类呈味氨基酸, 芳香族氨基酸在各品种辣椒籽中的含量最低, 仅为 0.91~1.37 mg/g。

从表 4 可知: 8 个品种辣椒籽中呈味氨基酸构成基本相似, 甜味氨基酸、鲜味氨基酸和苦味氨基酸的 TAV 较高, 其总和分别达 58.59、49.74、47.85, 平均值分别为 7.32、6.21、5.98; 芳香族氨基酸 TAV 最低, 其总和仅为 8.37, 平均值为 1.05。甜味基

表 4 8 个品种辣椒籽的呈味氨基酸味道强度值

Table 4 The TAVs of delicious amino acid of eight varieties of pepper seeds

品种	甜味氨基酸 TAV							鲜味氨基酸 TAV			
	苏氨酸	甘氨酸	组氨酸	丙氨酸	脯氨酸	丝氨酸	总和	谷氨酸	天冬氨酸	赖氨酸	总和
圆珠 1 号	0.48	0.16	5.33	1.03	0.43	0.53	7.96	5.60	1.75	0.50	7.85
羊角椒	0.57	0.20	4.43	0.84	0.35	0.98	7.37	6.15	2.46	0.46	9.07
湘辣 595	0.62	0.17	4.91	1.29	0.65	1.08	8.72	4.15	2.17	0.34	6.66
辣丰 63	0.40	0.15	2.90	0.76	0.12	0.43	4.76	1.60	1.13	0.46	3.19
辣丰红	1.48	0.22	4.63	1.30	0.15	0.57	8.35	3.33	0.74	0.42	4.49
陈特辣	0.52	0.18	2.98	0.76	0.30	0.73	5.47	2.01	1.89	0.31	4.21
湘艳	0.79	0.16	3.55	1.76	0.28	0.99	7.53	5.14	2.59	0.42	8.15
皱皮椒	0.60	0.16	5.42	1.19	0.21	0.85	8.43	3.25	2.39	0.48	6.12
总和	5.46	1.40	34.15	8.93	2.49	6.16	58.59	31.23	15.12	3.39	49.74
均值	0.68	0.18	4.27	1.12	0.31	0.77	7.32	3.90	1.89	0.42	6.21

表 4(续)

品种	苦味氨基酸 TAV							芳香族氨基酸 TAV		
	蛋氨酸	精氨酸	缬氨酸	亮氨酸	异亮氨酸	色氨酸	总和	苯丙氨酸	酪氨酸	总和
圆珠 1 号	0.58	1.93	1.99	0.31	0.40	0.28	5.49	0.94	0.13	1.07
羊角椒	1.23	3.66	2.19	0.35	0.46	0.24	8.13	0.96	0.14	1.10
湘辣 595	0.90	2.18	1.71	0.24	0.34	0.40	5.77	0.85	0.14	0.99
辣丰 63	0.48	1.10	1.73	0.27	0.34	0.25	4.17	0.70	0.11	0.81
辣丰红	0.73	1.49	2.23	0.46	0.57	0.16	5.64	0.89	0.20	1.09
陈特辣	0.80	1.49	1.85	0.34	0.43	0.18	5.09	0.80	0.13	0.93
湘艳	1.00	1.91	2.62	0.34	0.49	0.19	6.55	1.02	0.17	1.19
皱皮椒	1.12	2.58	2.10	0.41	0.53	0.27	7.01	1.01	0.18	1.19
总和	6.84	16.34	16.42	2.72	3.56	1.97	47.85	7.17	1.20	8.37
均值	0.86	2.04	2.05	0.34	0.45	0.25	5.98	0.90	0.15	1.05

酸中对风味贡献大的为组氨酸,其 TAV 均大于 1.5,且皱皮椒的高达 5.42,呈现出更显著的甜味特点。鲜味氨基酸中贡献较大的为谷氨酸,其 TAV 均大于 1.5,且羊角椒中的最高,为 6.15,呈味作用显著;其次为天冬氨酸,除辣丰红中其 TAV 为 0.74 外,其余 7 种辣椒籽中 TAV 均大于 1.0;赖氨酸贡献最小,其 TAV 均小于 1.0。苦味氨基酸中,精氨酸和缬氨酸对风味贡献较大,两者的 TAV 均大于 1.0,且在多数辣椒籽中大于 1.5;亮氨酸、异亮氨酸和色氨酸的 TAV 均小于 1.0。芳香族氨基酸中,苯丙氨酸和酪氨酸对呈味贡献较小,除湘艳和皱皮椒的苯丙氨酸 TAV 分别为 1.02、1.01 外,其余 TAV 均

小于 1.0。不同品种辣椒籽味觉感知存在较大差异,圆株 1 号、湘辣 595、辣丰 63、辣丰红、陈特辣和皱皮椒等 6 种的辣椒籽主要呈味氨基酸均为甜味氨基酸,甜味特征显著,且以湘辣 595 甜味最为突出;而羊角椒和湘艳主要呈味氨基酸则为鲜味氨基酸,以鲜味更为突出。

2.4 供试辣椒籽的游离氨基酸含量间的相关性

从表 5 中可看出:精氨酸与蛋氨酸,瓜氨酸分别与异脯氨酸和缬氨酸,苏氨酸、丝氨酸和谷氨酰胺两两间,异亮氨酸、酪氨酸和亮氨酸两两间等 9 组氨基酸含量间均呈极显著($P<0.01$)正相关;苏氨

表 5 辣椒籽游离氨基酸含量间的相关系数

Table 5 The correlation coefficient of the contents of free amino acids in pepper seeds

氨基酸	相关系数										
	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	色氨酸	苯丙氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	正缬氨酸	肌氨酸	脯氨酸
缬氨酸	0.76*										
蛋氨酸	0.83*	0.48									
色氨酸	-0.09	-0.58	0.04								
苯丙氨酸	0.76*	0.77*	0.70	-0.09							
异亮氨酸	0.44	0.72*	0.45	-0.62	0.65						
亮氨酸	0.20	0.57	0.26	-0.69	0.46	0.96**					
赖氨酸	-0.10	0.29	-0.03	-0.07	0.37	0.23	0.24				
正缬氨酸	-0.24	0.09	-0.10	-0.54	-0.13	0.49	0.59	-0.01			
肌氨酸	0.54	0.50	0.56	-0.34	0.51	0.70	0.60	-0.31	0.57		
脯氨酸	0.25	-0.28	0.19	0.76*	0.12	-0.49	-0.61	-0.37	-0.81*	-0.20	
天冬氨酸	0.71	0.32	0.77*	0.28	0.61	-0.02	-0.24	-0.05	-0.35	0.32	0.46
谷氨酸	0.63	0.52	0.48	0.17	0.71*	0.15	-0.02	0.36	-0.75*	-0.14	0.49
天冬酰胺	0.62	0.05	0.51	0.46	0.23	-0.34	-0.53	-0.47	-0.73*	0.00	0.83*
丝氨酸	0.92**	0.51	0.76*	0.17	0.59	0.13	-0.13	-0.30	-0.30	0.50	0.45
谷氨酰胺	0.89**	0.71*	0.81*	-0.10	0.68	0.36	0.12	0.08	-0.02	0.53	0.01
甘氨酸	0.30	0.29	0.36	-0.43	0.19	0.62	0.65	-0.16	0.02	0.27	-0.12
瓜氨酸	0.73*	0.92**	0.54	-0.47	0.69	0.74*	0.59	0.33	0.24	0.54	-0.40
丙氨酸	0.67	0.68	0.28	-0.03	0.63	0.41	0.21	-0.02	0.00	0.54	0.14

表 5(续)

氨基酸	相关系数										
	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	色氨酸	苯丙氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	赖氨酸	正缬氨酸	肌氨酸	脯氨酸
酪氨酸	0.51	0.65	0.44	-0.39	0.63	0.92**	0.84**	0.05	0.41	0.78*	-0.27
半胱氨酸	0.41	0.53	-0.07	-0.46	0.16	0.34	0.26	-0.43	0.01	0.36	0.02
羟脯氨酸	0.55	0.68	0.68	-0.41	0.65	0.82*	0.73*	0.38	0.48	0.65	-0.52
组氨酸	0.15	0.07	0.29	0.47	0.60	0.29	0.23	0.41	-0.29	0.07	0.39
精氨酸	0.60	0.27	0.84**	0.25	0.61	0.21	0.07	0.26	-0.46	0.07	0.34

氨基酸	相关系数											
	天冬氨酸	谷氨酸	天冬酰胺	丝氨酸	谷氨酰胺	甘氨酸	瓜氨酸	丙氨酸	酪氨酸	半胱氨酸	羟脯氨酸	组氨酸
谷氨酸	0.53											
天冬酰胺	0.70	0.55										
丝氨酸	0.82*	0.50	0.78*									
谷氨酰胺	0.78*	0.45	0.44	0.86**								
甘氨酸	-0.21	0.19	0.02	0.02	0.00							
瓜氨酸	0.24	0.37	-0.05	0.50	0.76*	0.30						
丙氨酸	0.28	0.36	0.24	0.64	0.57	-0.04	0.68					
酪氨酸	-0.02	0.14	-0.19	0.28	0.36	0.57	0.73*	0.63				
半胱氨酸	-0.15	0.12	0.19	0.32	0.13	0.35	0.39	0.64	0.47			
羟脯氨酸	0.27	0.15	-0.23	0.32	0.67	0.36	0.84**	0.34	0.73*	-0.04		
组氨酸	0.18	0.52	0.05	0.07	0.01	0.13	0.09	0.25	0.39	-0.23	0.21	
精氨酸	0.68	0.70	0.50	0.50	0.56	0.33	0.29	-0.02	0.14	-0.36	0.45	0.49

“*”“**”分别示相关性显著($P<0.05$)、极显著($P<0.01$)。

酸分别与缬氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸和瓜氨酸，缬氨酸分别与苯丙氨酸、异亮氨酸和谷氨酰胺，蛋氨酸分别与天冬氨酸、丝氨酸和谷氨酰胺，色氨酸与脯氨酸，苯丙氨酸与谷氨酸，异亮氨酸分别与瓜氨酸和羟脯氨酸，亮氨酸与羟脯氨酸，酪氨酸与瓜氨酸、肌氨酸和羟脯氨酸，脯氨酸与天冬酰胺，天冬氨酸分别与丝氨酸和谷氨酰胺，天冬酰胺与丝氨酸，谷氨酰胺与瓜氨酸等 23 组氨基酸含量间均呈显著($P<0.05$)正相关；正缬氨酸分别与脯氨酸、谷氨酸和天冬酰胺等 3 组氨基酸含量间呈显著($P<0.05$)负相关。尽管两者呈显著或极显著相关的氨基酸不是很多，但大多数氨基酸含量间的相关系数绝对值大于 0.3，表明各氨基酸间的相关性较强。

3 结论与讨论

本研究中，圆株 1 号、羊角椒、湘辣 595、辣丰 63 号、辣丰红、陈特辣、湘艳、皱皮椒等 8 个品种辣椒籽中均以清蛋白含量最高，其次为谷蛋白或球蛋白的，而醇溶蛋白的含量最低。清蛋白和谷蛋白作为辣椒籽中可溶性蛋白的主要组成，两者占比超过 73%。这与胡志辉等^[21]研究的 12 种辣椒籽的可溶性蛋白组成结果一致，其也发现不同品种辣

椒籽 4 种可溶性蛋白含量间存在较大差异。

本研究中，8 个品种辣椒籽中均检出 24 种游离氨基酸，包括 9 种必需氨基酸、2 种半必需氨基酸和 13 种非必需氨基酸。这与葛帅等^[20]在湖南常见辣椒品种中测定的游离氨基酸结果存在一定差异，其在青尖椒、螺丝椒、大青椒中未检出半胱氨酸，而在大红椒、小米椒、小红椒中未检出羟脯氨酸，分析原因可能与辣椒品种不同有关^[22]。8 个品种辣椒籽总游离氨基酸含量为 12.22~27.51 mg/g，其中辣丰 63 的最高，其次为湘辣 595 的，皱皮椒的含量最低。游离氨基酸含量最高的为天冬酰胺，天冬氨酸、苏氨酸和谷氨酰胺也较高，半胱氨酸、蛋氨酸、色氨酸和赖氨酸的含量较少。

由 8 个品种辣椒籽呈味氨基酸含量可知，辣椒籽中以甜味氨基酸含量最高，其中辣丰红的最高；鲜味氨基酸含量较高，且不同品种间差异较大，辣丰 595 和辣丰 63 的鲜味氨基酸含量较高；芳香族氨基酸含量最低。这与葛帅等^[20]在湖南常见辣椒品种的游离氨基酸的检测结果类似，其发现鲜味和甜味氨基酸含量较高，分别为 1.41~2.88、1.22~3.01 mg/g，苦味氨基酸的含量次之，芳香族氨基酸含量最低。对比辣椒籽中呈味氨基酸发现，虽然各类呈

味氨基酸含量互有高低,但通常鲜味和甜味氨基酸含量高的辣椒品种其苦味氨基酸含量也维持在较高的水平^[23]。通过TAV分析发现,圆株1号、湘辣595、辣丰63、辣丰红、陈特辣和皱皮椒等6种辣椒籽中主要呈味氨基酸均为甜味氨基酸,且组氨酸对甜味的贡献最大;羊角椒和湘艳则以鲜味更为突出,且谷氨酸的贡献最大。总体而言,不同品种辣椒籽中各类呈味氨基酸组成比例较相似,在各类氨基酸相互调和下,不同品种辣椒籽呈现出相似且较为统一的呈味特点^[24]。

相关性分析表明,有9组氨基酸含量间呈极显著正相关,有23组氨基酸含量间呈显著正相关,有3组氨基酸含量间呈显著负相关。尽管两者呈显著或极显著相关的氨基酸不是很多,但大多数氨基酸含量间的相关系数绝对值大于0.3,表明各氨基酸间的相关性较强。

总之,不同品种的辣椒籽的可溶性蛋白和游离氨基酸的组成均存在一定差异,可根据实际需要,对各品种辣椒籽进行针对性开发。

参考文献:

- [1] 黄道梅,魏江霖,吴世煥,等. 贵州省辣椒加工业发展现状解析[J]. 中国调味品, 2019, 44(10): 187-189.
- [2] 华经产业研究院. 2021—2026年中国辣椒行业市场供需格局及行业前景展望报告[R]. 北京: 华经情报网, 2020.
- [3] WANG J, FANG X M, MUJUMDAR A S, et al. Effect of high-humidity hot air impingement blanching(HHAIB) on drying and quality of red pepper(*Capsicum annuum* L.)[J]. Food Chemistry, 2017, 220: 145-152.
- [4] SANDOVAL-CASTRO C J, VALDEZ-MORALES M, OOMAH B D, et al. Bioactive compounds and antioxidant activity in scalded Jalapeño pepper industrial byproduct(*Capsicum annuum*)[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017, 54(7): 1999-2010.
- [5] 朱奕凡,王妍,汪国云,等. 不同杨梅品种果实游离氨基酸组成分析[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2021, 47(6): 736-742.
- [6] DENG L Z, YANG X H, MUJUMDAR A S, et al. Red pepper(*Capsicum annuum* L.) drying: effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure[J]. Drying Technology, 2018, 36(8): 893-907.
- [7] BAENAS N, BELOVIĆ M, ILIC N, et al. Industrial use of pepper(*Capsicum annuum* L.) derived products: technological benefits and biological advantages[J]. Food Chemistry, 2019, 274: 872-885.
- [8] 李莱,倪元颖,彭郁,等. 超声辅助提取辣椒籽蛋白工艺优化[J]. 农业工程学报, 2016, 32(24): 309-314.
- [9] 李学贤,张雪,童灵,等. 游离氨基酸改善作物风味品质综述[J]. 中国农业大学学报, 2022, 27(4): 73-81.
- [10] XUN Z Y, NI S P, GAO Z H, et al. Construction of polymer electrolyte based on soybean protein isolate and hydroxyethyl cellulose for a flexible solid-state supercapacitor[J]. Polymers, 2019, 11(11): 1895.
- [11] 马燕,孟伊娜,邹淑萍,等. 高压脱脂辣椒籽分离蛋白提取工艺优化及其功能特性研究[J]. 中国调味品, 2020, 45(8): 54-60.
- [12] SHANG L C, WU C L, WANG S S, et al. The influence of amylose and amylopectin on water retention capacity and texture properties of frozen-thawed konjac glucomannan gel[J]. Food Hydrocolloids, 2021, 113: 106521.
- [13] MONTOYA-BALLESTEROS L C, GONZÁLEZ-LEÓN A, GARCÍA-ALVARADO M A, et al. Bioactive compounds during drying of chili peppers[J]. Drying Technology, 2014, 32(12): 1486-1499.
- [14] 薛琰文,胡景娜,敬璞,等. 我国11种常见品种辣椒籽成分分析和比较[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(7): 143-149.
- [15] 杨叶梅,刘志云,曾兵,等. 辣椒籽抗菌肽的抑菌活性及其稳定性研究[J]. 动物营养学报, 2019, 31(9): 4322-4330.
- [16] 宁娜. 辣椒籽的油脂和蛋白质研究[D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [17] OSBORNE T B. The Vegetable Proteins[M]. 2nd ed. New York: Longmans Green & Co., 1924.
- [18] 肖轲,李高阳,尚雪波,等. 辣椒籽提取物对冷却肉的抗氧化性及保鲜效果[J]. 中国食品学报, 2020, 20(6): 202-208.
- [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] 葛帅,王蓉蓉,王颖瑞,等. 湖南常见辣椒品种游离氨基酸主成分分析及综合评价[J]. 食品科学技术学报, 2021, 39(2): 91-102.
- [21] 胡志辉,陈禅友,雷刚. 辣椒种子贮藏蛋白的含量测定和电泳分析[J]. 种子, 2007, 26(1): 18-21.
- [22] 李磊,尹显慧,龙友华,等. 氨基酸水溶肥对辣椒果实氨基酸含量及品质的影响[J]. 南方农业学报, 2019, 50(5): 1049-1056.
- [23] 王知松,李达,丁筑红,等. 贵州主要品种辣椒籽营养成分分析[J]. 中国调味品, 2010, 35(5): 93-96.
- [24] 侯娜,赵莉莉,魏安智,等. 不同种质花椒氨基酸组成及营养价值评价[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 113-118.

责任编辑: 邹慧玲

英文编辑: 柳正