

黄雪, 韩爱芝, 图尔荪古丽·吾拉伊木, 等. 新疆南疆杏核心种质种仁氨基酸比较分析[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(4): 133-140.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2021.04.016

新疆南疆杏核心种质种仁氨基酸比较分析

黄雪^{1,2}, 韩爱芝², 图尔荪古丽·吾拉伊木^{1,2}, 郭玲^{1,2}

1. 塔里木大学植物科学学院/南疆特色果树高效优质栽培与深加工技术国家地方联合工程研究室, 阿拉尔 843300;
2. 新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室, 阿拉尔 843300

摘要 采用高效液相色谱法测定新疆南疆 29 个杏品种的种仁氨基酸组分与含量, 筛选出品质好的仁用杏品种。结果显示: 新疆南疆 29 个杏品种的种仁中必需氨基酸含量为 4.150~13.276 g/100 g, 总氨基酸量含量 11.840~42.868 g/100 g, 其比值系数分(SRC 值)为 23.168~67.013; 主成分分析表明丝氨酸、半胱氨酸为南疆杏种仁的特征性氨基酸。苦味氨基酸、甜味氨基酸、鲜味氨基酸及药用氨基酸含量, 均以‘旦杏’含量最高, ‘轮台甜杏’含量最低; 而酸味氨基酸含量以‘胡安娜’最高; 在 29 个杏品种中, ‘旦杏’种仁氨基酸含量高, 品质优良。

关键词 杏种仁; 核心种质; 氨基酸; 品质; 新疆南疆

中图分类号 S 662.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2021)04-0133-08

杏 (*Prunus armeniaca* L.) 为蔷薇科杏属植物^[1], 新疆是世界杏的起源中心^[2], 南疆通常是指新疆天山以南、昆仑山系以北的广大区域^[3]。其独特的地理位置、环境条件和悠久的栽培历史, 孕育了丰富而又错综复杂的南疆杏品种^[4-6]。据 2019 年新疆统计年鉴记载, 在南疆已形成 11.1 万 hm^2 栽培杏产区, 年产量 93.3 亿 kg, 面积和产量均居全国首位。杏仁中氨基酸是重要的营养物质^[7], 前人对不同杏品种^[8]、山杏^[9]及野生藏杏^[10]果实进行了综合分析, 认为果肉中含有多种氨基酸^[11-14]。为提高杏仁商品价值, 对新疆南疆地方杏核心资源的杏仁品质进行鉴定显得尤为必要。本研究采用高效液相色谱法测定新疆南疆 29 个杏品种杏种仁的氨基酸成分, 旨在为新疆南疆杏资源的开发和利用提供技术参考, 为提高南疆杏仁利用率提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

杏种仁采自国家作物种质资源新疆特有果树及砧木圃(轮台), 圃内每个品种 3 株, 树龄一致, 长势中等, 在每个品种果实成熟后采样, 具体的品种名称见表 1。采样时, 在每棵树的树冠外围的东、南、西、

北 4 个方向各采 10 个成熟果实, 每株采果 40 个。

1.2 前处理

将所采果实去掉果肉, 将杏核放于通风干燥处自然晾干, 晾干过程中隔几小时翻动 1 次, 使其干燥均匀。杏核晾干后破核取仁, 将杏种仁置于 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱。取种仁样品适量, 用多功能粉碎机粉碎, 过 0.25 mm 孔径筛, 用于南疆 29 个品种杏种仁的氨基酸成分的测定。

1.3 样品测定

氨基酸含量的测定参照国标 GB/T5009.124—2016《食品中氨基酸的测定》进行。

1) 氨基酸分析条件。采用高效液相色谱法, 色谱柱为 ACCQ·TagTM 色谱柱 (3.9 mm \times 150 mm); 流动相 A: Waters ACCQ·Tag 洗脱液; 流动相 B: 乙腈; 流动相 C: 超纯水; 荧光检测激发波长 250 nm, 发射波长 395 nm, 柱温 37 $^{\circ}\text{C}$; 流速 1 mL/min; 进样量 10 μL 。

2) 氨基酸质量分、WHO/FAO 中相对应的 EAA(essential amino acid, EAA) 含量的比值、氨基酸比值系数(amino acid ratio coefficient, SC)和比值系数分(score of ratio coefficient of amino acid, SRC)计算。氨基酸比值系数法是基于氨基酸平衡

收稿日期: 2021-03-05

基金项目: 国家重点研发计划项目(2019YFD1000600); 国家自然科学基金项目(31760560); 校级研究生科研创新项目(TDGRI202013)

黄雪, E-mail: 1723712462@qq.com

通信作者: 郭玲, E-mail: glzky@163.com

理论设计的评价蛋白质营养价值的方法,根据 EAA 含量及比例计算 WHO/FAO 中相应的 EAA 含量的比值(RAA)、氨基酸比值系数(RC)和比值系数分(SRC)^[15-16],将样品氨基酸谱与标准值进行比较^[17-19],分析所含 EAA 的含量和组成比例^[20],对氨基酸营养价值进行评价。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 软件计算杏种仁蛋白质中各必需氨基酸的 RAA、RC 及 SRC 值。利用 SPSS 22.0 软件对 29 个南疆杏品种种仁氨基酸组分进行主成分分析。

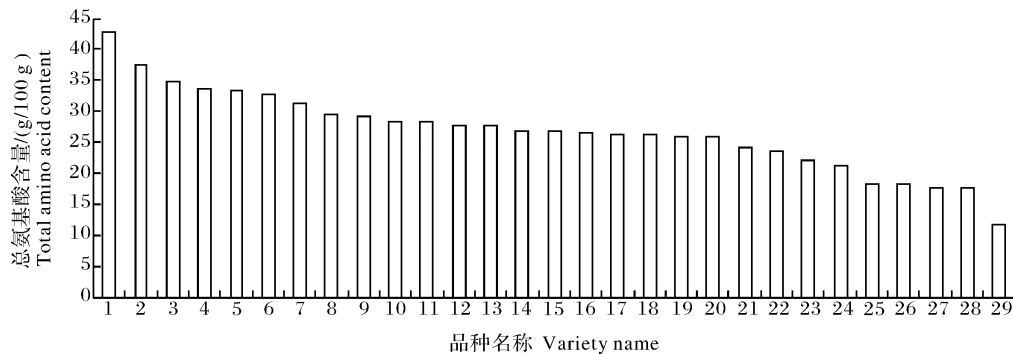
2 结果与分析

2.1 南疆 29 个杏品种种仁总氨基酸分析

在 29 个杏品种的种仁中均检测出 17 种氨基酸,其中含有人体必需的 7 种氨基酸,即苏氨酸、缬氨酸、甲硫氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸。17 种氨基酸中谷氨酸含量最高,平均值为 7.432 g/100 g;甲硫氨酸含量最少,平均为 0.256 g/100 g,变异系数为 19.964%~61.315%。29 个杏品种种仁总氨基酸含量(total amino acids, TAA)测

定结果(图 1)显示,29 个供试品种种仁总氨基酸含量为 11.840~42.868 g/100 g,其中 TAA 含量最高的为‘旦杏’,有 42.868 g/100 g, TAA 含量最低的为‘轮台甜仁杏’,有 11.84 g/100 g。

由表 1 可知,29 个杏品种的种仁中氨基酸种类十分丰富,包括苦味氨基酸(bitter amino acid, BAA)、甜味氨基酸(sweet amino acid, SAA)、鲜味氨基酸(flavor amino acid, FLA)、酸味氨基酸(sour amino acid, SOA)及药用氨基酸(medicinal amino acid, MEA)等。杏种仁中 MEA 含量相对较高, SAA 含量整体较低,不同品种杏种仁所含各类氨基酸具有一定程度的差异。对于 BAA、SAA、FLA 及 MEA 含量,均以品种‘旦杏’最高,品种‘轮台甜仁杏’最低;而 SOA 含量以品种‘胡安娜’最高。BAA 含量为 4.812~13.186 g/100 g; SAA 含量为 3.092~10.234 g/100 g; FLA 含量为 6.114~24.424 g/100 g; SOA 含量为 3.172~16.350 g/100 g; 不同品种杏种仁 MEA 含量为 8.289~31.122 g/100 g, 达到总氨基酸含量的 70.008%~72.600%, 具有很高的药用价值。



1. ‘旦杏’ Danxing; 2. ‘胡安娜’ Huanna; 3. ‘中熟佳娜丽’ Zhongshujianali; 4. ‘莎车洪待克’ Shachehongdaik; 5. ‘奎克皮曼’ Kuikepiman; 6. ‘阿克托拥’ Aketuoyong; 7. ‘大五月杏’ Dawuyuxing; 8. ‘洛浦 2 号’ Luopu 2; 9. ‘卡巴克玉吕克’ Kabakeyuluke; 10. ‘索格加娜丽’ Suogejianali; 11. ‘古木杏’ Gumuxing; 12. ‘乌及牙格勒克’ Wujiyageleke; 13. ‘赛来克玉吕克’ Sailaikeyuluke; 14. ‘青皮杏’ Qingpixin; 15. ‘洛浦 1 号’ Luopu 1; 16. ‘克孜玛伊桑’ Kezimaysang; 17. ‘晚熟佳娜丽’ Wanshujianali; 18. ‘贾格达玛伊桑’ Jiagedamaysang; 19. ‘小白杏’ Xiaobaixing; 20. ‘郭西玉吕克’ Guoxiyuluke; 21. ‘大白油杏’ Dabaiyouxing; 22. ‘库尔勒托拥’ Kuerletuoyong; 23. ‘牙合里克玉吕克’ Yahelikeyuluke; 24. ‘艾西阿克牙格勒克’ Aixikeyageleke; 25. ‘库车小白杏’ Kuchexiaobaixing; 26. ‘特尔湾玉吕克’ Teerwanyuluke; 27. ‘大优佳’ Dayoujia; 28. ‘卡巴克西米西’ Kabakeximixi; 29. ‘轮台甜仁杏’ Luntaitianrenxing.

图 1 不同品种杏种仁总氨基酸含量

Fig.1 Total amino acid content of different varieties of apricot seeds

按照 FAO/WHO 模式,必需氨基酸(essential amino acids, EAA)可分为 7 类: Val(缬氨酸)、Ile(异亮氨酸)、Leu(亮氨酸)、Phe+Tyr(苯丙氨酸+酪氨酸)、Met+Cys(甲硫氨酸+半胱氨酸)、

Thr(苏氨酸)、Lys(赖氨酸)^[24]。29 个杏品种种仁中 EAA 的含量以品种‘旦杏’最高,为 13.276 g/100 g, EAA 含量最低的品种为‘轮台甜仁杏’, 4.150 g/100 g(见图 2)。

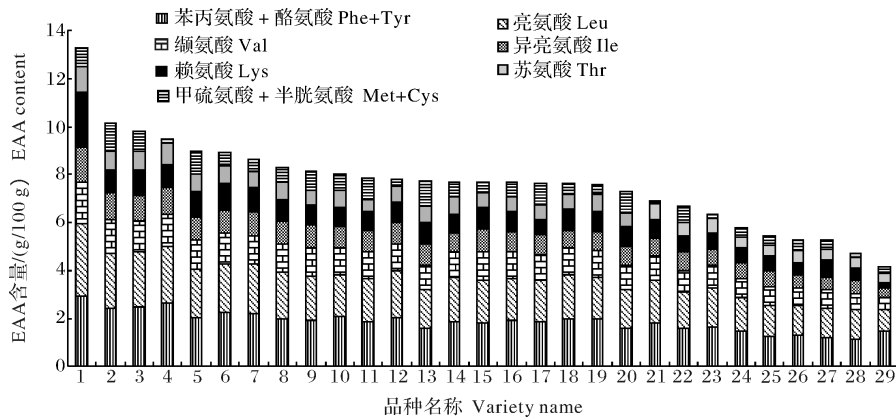
表 1 不同品种杏种仁氨基酸的比较

Table 1 Comparison of amino acids in different varieties of apricot seeds

g/100 g

品种 Variety	BAA	SAA	FLA	SOA	MEA
‘郭西玉吕克’ Guoxiyulüke	7.716	5.688	14.858	10.392	18.618
‘牙合里克玉吕克’ Yahelikeyulüke	7.252	4.723	12.704	8.663	16.223
‘大白油杏’ Dabaiyouxing	7.486	4.984	13.958	9.780	17.623
‘克孜玛伊桑’ Kezimayisang	8.497	6.033	15.101	10.122	19.084
‘旦杏’ Danxing	13.186	10.234	24.424	15.980	31.122
‘贾格达玛伊桑’ Jiagedamayisang	8.437	5.701	15.448	10.600	19.263
‘大五月杏’ Dawuyuexing	9.266	6.476	18.350	13.239	22.838
‘奎克皮曼’ Kuikepiman	10.563	7.355	19.489	13.263	24.552
‘索格加娜丽’ Suogejianali	8.565	5.965	16.974	12.019	20.938
‘中熟佳娜丽’ Zhongshujianali	10.807	7.791	20.167	13.772	25.253
‘洛浦 1 号’ Luopu 1	8.418	5.658	15.969	11.152	19.934
‘古木杏’ Gumuxing	9.008	6.046	16.368	11.411	20.727
‘胡安娜’ Huanna	10.993	8.301	23.228	16.350	28.161
‘特尔湾玉吕克’ Teerwanyulüke	5.913	4.006	10.482	7.139	13.246
‘晚熟佳娜丽’ Wanshujianali	8.447	5.354	15.359	10.736	19.322
‘卡巴克玉吕克’ Kabakeyulüke	8.321	6.717	17.535	12.422	21.358
‘卡巴克西米西’ Kabakeximixi	5.478	3.950	10.329	7.287	12.970
‘大优佳’ Dayoujia	5.797	4.250	9.786	6.483	12.465
‘库车小白杏’ Kuchexiaobaixing	5.580	4.000	10.723	7.600	13.501
‘莎车洪待克’ Shachehongdaike	9.570	7.018	20.442	14.882	25.087
‘乌及牙格勒克’ Wujiyageleke	8.341	6.213	16.952	11.664	20.946
‘青皮杏’ Qingpixing	8.377	5.807	15.959	11.084	19.958
‘赛来克玉吕克’ Sailaikeyulüke	8.363	6.104	16.565	11.611	20.586
‘艾西阿克牙格勒克’ Aixikeyageleke	6.464	4.884	12.694	8.644	15.648
‘阿克托拥’ Aketuoyong	9.597	7.365	19.655	13.710	24.080
‘轮台甜仁杏’ Luntaitianrenxing	4.812	3.092	6.114	3.172	8.289
‘小白杏’ Xiaobaixing	7.903	5.765	15.637	10.960	19.324
‘洛浦 2 号’ Luopu 2	8.872	6.511	18.020	12.565	22.056
‘库尔勒托拥’ Kuerletuoyong	7.242	5.138	14.324	10.158	17.667

注：(1)BAA:包括 His,Arg,Val,Met,Ile,Leu,Phe; (2)SAA:包括 Ser,Gly,Thr,Ala,Pro; (3)FLA:包括 Asp,Glu,Gly,Ala,Tyr,Phe; (4)SOA:包括 Asp,Glu; (5)MEA:包括 Asp,Glu,Gly,Arg,Tyr,Met,Lys,Leu,Phe。 Note: (1)BAA:Including amino acids His,Arg,Val, Met,Ile,Leu,Phe; (2)SAA:Including amino acids Ser,Gly,Thr,Ala,Pro; (3)FLA:Including amino acids Asp,Glu,Gly,Ala,Tyr,Phe; (4)SOA:Including amino acids Asp,Glu; (5)MEA:Including amino acids Asp,Glu,Gly,Arg,Tyr,Met,Lys,Leu,Phe.



1. ‘旦杏’ Danxing; 2. ‘中熟佳娜丽’ Zhongshujianali; 3. ‘奎克皮曼’ Kuikepiman; 4. ‘胡安娜’ Huanna; 5. ‘大五月杏’ Dawuyuexing; 6. ‘莎车洪待克’ Shachehongdaike; 7. ‘阿克托拥’ Aketuoyong; 8. ‘古木杏’ Gumuxing; 9. ‘索格加娜丽’ Suogejianali; 10. ‘克孜玛伊桑’ Kezimayisang; 11. ‘晚熟佳娜丽’ Wanshujianali; 12. ‘洛浦 2 号’ Luopu 2; 13. ‘郭西玉吕克’ Guoxiyulüke; 14. ‘赛来克玉吕克’ Sailaikeyulüke; 15. ‘洛浦 1 号’ Luopu 1; 16. ‘青皮杏’ Qingpixing; 17. ‘贾格达玛伊桑’ Jiagedamayisang; 18. ‘乌及牙格勒克’ Wujiyageleke; 19. ‘卡巴克玉吕克’ Kabakeyulüke; 20. ‘大白油杏’ Dabaiyouxing; 21. ‘大五月杏’ Dawuyuexing; 22. ‘牙合里克玉吕克’ Yahelikeyulüke; 23. ‘库尔勒托拥’ Kuerletuoyong; 24. ‘艾西阿克牙格勒克’ Aixikeyageleke; 25. ‘特尔湾玉吕克’ Teerwanyulüke; 26. ‘大优佳’ Dayoujia; 27. ‘库车小白杏’ Kuchexiaobaixing; 28. ‘卡巴克西米西’ Kabakeximixi; 29. ‘轮台甜仁杏’ Luntaitianrenxing.

图 2 不同品种杏种仁 EAA 含量

Fig.2 EAA content of different varieties of apricot seeds

EAA 占 TAA 比例为 25.385%~35.051%。对 TAA 含量和 EAA 含量进行相关性分析,结果显示,两者呈极显著正相关关系,相关系数为 0.965,表明 TAA 含量越高,EAA 含量越高。

由图 3 可知,杏种仁总必需氨基酸组成中,Phe+Tyr(苯丙氨酸+酪氨酸)平均含量最高,为 1.882 g/100 g, Met+Cys(甲硫氨酸+半胱氨酸)平均含量最低,为 0.579 g/100 g。

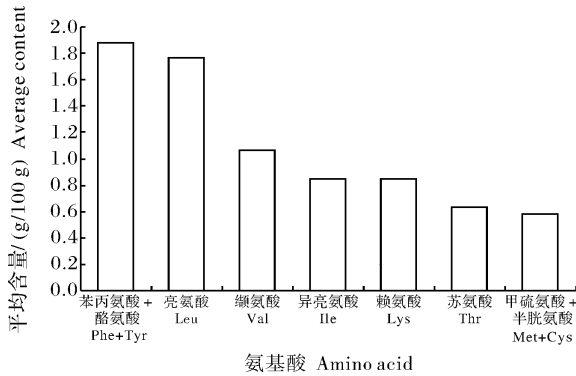


图 3 杏种仁 EAA 平均含量

Fig.3 Histogram of the average EAA content of apricot seeds

2.2 新疆 29 个杏品种种仁氨基酸评价

采用氨基酸比值系数法对 29 个杏品种种仁氨基酸进行评价,氨基酸比值系数分越接近 100 则营养价值越高。根据所测杏种仁的必需氨基酸与 FAO 必需氨基酸理想模式进行比较(表 2),发现 29 种杏种仁的 EAA 含量丰富,其 SRC 值为 23.168~67.013,平均值为 49.764,品种‘郭西玉吕克’的 SRC 值最高, SRC 值最小的是品种‘轮台甜仁杏’。可见,品种‘郭西玉吕克’的氨基酸营养价值较其他品种更高。

2.3 主成分分析

由表 3 可知,在南疆 29 个杏品种中,种仁氨基酸前 2 个主成分的累积方差贡献率达到了 90.683%,且特征值 $\lambda_1=13.890$ 、 $\lambda_2=1.526$,均大于 1,说明前 2 个因子起主导作用。其中第 1 组分贡献率最大为 81.706%,而由旋转后的主成分因子的载荷矩阵可知,第 1 主成分中丝氨酸、半胱氨酸的系数占较大的比重,故为杏种仁的特征氨基酸。

表 2 不同品种杏种仁必需氨基酸的 RAA,RC 和 SRC 比较

Table 2 Comparison of RAA,RC and SRC of various essential amino acids in different varieties of apricot seed

品种名称 Species name	参数 Parameters	Thr	Val	Met+Cys	Ile	Leu	Phe+Tyr	Lys	SRC
‘郭西玉吕克’ Guoxiyulüke	RAA	0.168	0.204	0.306	0.215	0.229	0.270	0.166	67.013
	RC	0.754	0.919	1.374	0.966	1.027	1.213	0.748	
‘牙合里克玉吕克’ Yahelikeyulüke	RAA	0.137	0.184	0.195	0.192	0.213	0.264	0.129	56.923
	RC	0.730	0.978	1.041	1.021	1.137	1.405	0.687	
‘大白油杏’ Dabaiyouxing	RAA	0.140	0.200	0.245	0.205	0.229	0.267	0.152	60.997
	RC	0.681	0.974	1.193	0.998	1.114	1.299	0.741	
‘克孜玛伊桑’ Kezimayisang	RAA	0.174	0.217	0.200	0.222	0.249	0.352	0.148	51.309
	RC	0.780	0.972	0.896	0.996	1.116	1.579	0.662	
‘旦杏’ Danxing	RAA	0.262	0.349	0.225	0.365	0.429	0.493	0.414	53.519
	RC	0.722	0.963	0.622	1.006	1.185	1.360	1.142	
‘贾格达玛伊桑’ Jiagedamayisang	RAA	0.146	0.212	0.259	0.215	0.249	0.309	0.114	53.170
	RC	0.679	0.988	1.207	0.998	1.158	1.438	0.532	
‘大五月杏’ Dawuyuexing	RAA	0.176	0.246	0.268	0.240	0.285	0.343	0.195	58.263
	RC	0.702	0.982	1.070	0.959	1.137	1.370	0.780	
‘奎克皮曼’ Kuikepiman	RAA	0.197	0.265	0.244	0.268	0.323	0.416	0.189	50.817
	RC	0.723	0.975	0.898	0.986	1.190	1.531	0.696	
‘索格加娜丽’ Suogejianali	RAA	0.162	0.231	0.222	0.238	0.268	0.319	0.151	54.993
	RC	0.711	1.016	0.978	1.047	1.180	1.405	0.663	

续表2 Continued Table 2

品种名称 Species name	参数 Parameters	Thr	Val	Met+Cys	Ile	Leu	Phe+Tyr	Lys	SRC
‘中熟佳娜丽’ Zhongshujianali	RAA	0.191	0.276	0.338	0.283	0.329	0.407	0.173	54.611
	RC	0.670	0.967	1.185	0.992	1.152	1.426	0.608	
‘洛浦1号’ Luopu 1	RAA	0.154	0.229	0.137	0.238	0.259	0.301	0.163	51.768
	RC	0.727	1.082	0.650	1.123	1.225	1.423	0.770	
‘古木杏’ Gumuxing	RAA	0.173	0.235	0.179	0.242	0.277	0.331	0.167	52.852
	RC	0.755	1.027	0.783	1.054	1.207	1.444	0.729	
‘胡安娜’ Huanna	RAA	0.225	0.264	0.060	0.287	0.339	0.439	0.167	36.722
	RC	0.883	1.038	0.237	1.129	1.332	1.726	0.655	
‘特尔湾玉吕克’ Teerwanyulüke	RAA	0.112	0.160	0.117	0.165	0.179	0.212	0.113	54.678
	RC	0.742	1.061	0.775	1.088	1.184	1.401	0.750	
‘晚熟佳娜丽’ Wanshujianali	RAA	0.125	0.222	0.259	0.237	0.255	0.310	0.137	54.193
	RC	0.564	1.005	1.173	1.072	1.156	1.406	0.623	
‘卡巴克玉吕克’ Kabakeyulüke	RAA	0.175	0.218	0.118	0.205	0.246	0.335	0.154	47.037
	RC	0.846	1.051	0.568	0.990	1.187	1.615	0.743	
‘卡巴克西米西’ Kabakeximixi	RAA	0.110	0.143	0.048	0.129	0.172	0.191	0.101	44.217
	RC	0.864	1.118	0.376	1.006	1.351	1.495	0.790	
‘大优佳’ Dayoujia	RAA	0.126	0.149	0.128	0.142	0.173	0.218	0.095	53.097
	RC	0.854	1.013	0.867	0.964	1.172	1.481	0.648	
‘库车小白杏’ Kuchexiaobaixing	RAA	0.116	0.150	0.103	0.134	0.178	0.199	0.129	53.820
	RC	0.805	1.039	0.716	0.931	1.233	1.382	0.894	
‘莎车洪待克’ Shachehongdaike	RAA	0.183	0.254	0.155	0.247	0.290	0.373	0.199	49.726
	RC	0.752	1.044	0.639	1.017	1.194	1.536	0.817	
‘乌及牙格勒克’ Wujiyageleke	RAA	0.158	0.224	0.117	0.182	0.267	0.331	0.159	43.589
	RC	0.771	1.089	0.571	0.884	1.302	1.610	0.773	
‘青皮杏’ Qingpixing	RAA	0.159	0.214	0.168	0.218	0.255	0.317	0.151	51.226
	RC	0.752	1.012	0.792	1.029	1.204	1.499	0.711	
‘赛来克玉吕克’ Sailaikayulüke	RAA	0.172	0.210	0.187	0.199	0.262	0.312	0.148	51.880
	RC	0.807	0.986	0.878	0.936	1.231	1.467	0.694	
‘艾西阿克牙格勒克’ Aixiakeyageleke	RAA	0.122	0.166	0.104	0.163	0.199	0.244	0.106	47.041
	RC	0.772	1.054	0.659	1.033	1.264	1.544	0.673	
‘阿克托拥’ Aketuoyong	RAA	0.166	0.239	0.149	0.249	0.292	0.370	0.184	47.042
	RC	0.705	1.016	0.631	1.056	1.240	1.571	0.781	
‘轮台甜仁杏’ Luntaitianrenxing	RAA	0.093	0.101	0.081	0.098	0.127	0.250	0.039	23.168
	RC	0.824	0.897	0.723	0.866	1.128	2.218	0.342	
‘小白杏’ Xiaobaixing	RAA	0.166	0.201	0.042	0.175	0.255	0.307	0.143	37.502
	RC	0.903	1.091	0.227	0.952	1.385	1.664	0.778	
‘洛浦2号’ Luopu 2	RAA	0.166	0.226	0.083	0.222	0.278	0.341	0.151	41.279
	RC	0.790	1.077	0.398	1.061	1.326	1.626	0.723	
‘库尔勒托拥’ Kuerletuoyong	RAA	0.146	0.188	0.058	0.174	0.227	0.279	0.124	40.697
	RC	0.856	1.102	0.341	1.016	1.327	1.633	0.725	

表 3 主成分分析特征值、方差贡献率和主成分矩阵

Table 3 Principal component analysis eigenvalue, variance contribution and principal component matrix

成分 Components	氨基酸的初始特征值 Initial characteristic values of amino acids			氨基酸 Amino acid	主成分 Principal components	
	特征值 Eigenvalue	方差贡献率/% Variance contribution rate	累计方差贡献率/% Cumulative variance contribution		1	2
1	13.890	81.706	81.706	天冬氨酸 Asp	0.095	-0.105
2	1.526	8.977	90.683	丝氨酸 Ser	0.106	-0.130
				谷氨酸 Glu	0.082	-0.038
				甘氨酸 Gly	0.070	0.004
				组氨酸 His	0.063	0.023
				精氨酸 Arg	0.084	-0.041
				苏氨酸 Thr	0.084	-0.042
				脯氨酸 Pro	0.073	-0.007
				丙氨酸 Ala	0.085	-0.041
				半胱氨酸 Cys	-0.143	0.577
				酪氨酸 Tyr	0.086	-0.055
				缬氨酸 Val	0.054	0.070
				甲硫氨酸 Met	-0.085	0.468
				异亮氨酸 Ile	0.038	0.121
				亮氨酸 Leu	0.071	0.012
				赖氨酸 Lys	0.049	0.054
				苯丙氨酸 Phe	0.074	-0.008

3 讨 论

杏仁在杏产品加工市场中占有重要地位,其风味独特,被广泛应用于食品行业。杏仁的风味与氨基酸含量密切相关,本研究测定的 29 个杏核心种质资源的种仁均含有 17 种氨基酸,其中谷氨酸的含量最高,其次为天冬氨酸和精氨酸,这一结果与尹蓉等^[21]、李翠芹等^[22]研究结果一致,与陈毅琼^[23]研究结果不同,这可能与品种间的差异有一定关系。29 个杏品种种仁平均氨基酸总量为 11.840~42.868 g/100 g,其中必需氨基酸占总氨基酸的比例为 25.385%~35.051%;对总氨基酸含量和必需氨基酸含量进行相关性分析,两者呈极显著正相关关系,相关系数为 0.965,说明氨基酸总量(TAA 含量)越高,则必需氨基酸含量越高。

29 个杏品种中,种仁鲜味氨基酸含量为 6.114~24.424 g/100 g;酸味氨基酸含量为 3.172~16.350 g/100 g,苦味氨基酸含量为 4.812~13.186 g/100 g,甜味氨基酸含量为 3.092~10.234 g/100 g,药用氨基酸达到总氨基酸含量的 70.008%~72.600%,表明新疆杏仁具有较高的药用、食品加工利用价值。岳惠惠^[24]研究发现药用氨基酸总量最高的品种是‘卡巴克西米西’,为 479.74 mg/g,而在本研究中为 129.70 mg/g,同一品种杏仁氨基酸含量不同,这可能是因样品来源、氨基酸测定条件不同

引起的差异。苦味氨基酸、甜味氨基酸、鲜味氨基酸及药用氨基酸含量,均以品种‘旦杏’含量最高,品种‘轮台甜仁杏’含量最低;而酸味氨基酸含量以品种‘胡安娜’最高。因此,‘旦杏’可用于苦味氨基酸、甜味氨基酸、鲜味氨基酸及药用氨基酸的提取,‘胡安娜’适用于酸味氨基酸的提取。

杏仁的营养价值常以必需氨基酸接近或符合 FAO/WHO 模式要求来体现。以 SRC 值表示,越接近 100 则表明营养价值越高。岳惠惠^[24]通过研究英吉沙县杏的 30 个品种 5 个系列的脱脂杏仁粕得出其 SRC 值为 49.51~62.17,本研究中新疆南疆 29 个杏品种种仁的 SRC 值平均为 23.168~67.013,可能是因试验材料的来源、生长环境差异而致使 SRC 值有所不同。本研究中‘郭西玉吕克’种仁的 SRC 值最高,品种‘轮台甜仁杏’的 SRC 值最小,这也充分说明‘郭西玉吕克’的氨基酸营养价值高。卢冉等^[25]通过对新疆喀什 10 个品种杏仁氨基酸进行分析,发现‘阿克阿依’品质最优,其 SRC 值为 61.72,可见 SRC 值差异可能还与品种有关。本研究将杏种仁中必需氨基酸组成与模式谱进行比较,结果显示,亮氨酸与模式谱含量非常接近,异亮氨酸和缬氨酸与模式谱含量较为接近,赖氨酸、苏氨酸和蛋氨酸+胱氨酸偏低,苯丙氨酸+酪氨酸含量偏高,与尹蓉等^[21]研究结果有所不同。杏仁与扁桃种仁相比,谷氨酸、天冬氨酸和精氨酸含量均比较丰富,

苯丙氨酸与酪氨酸含量明显高于模式谱,但大部分杏仁 SRC 值低于扁桃种仁^[26-28]。本研究结果表明:‘旦杏’氨基酸含量高,品质优,利用潜力大。

新疆南疆蕴藏着丰富而复杂多样的杏种质资源,对杏种仁的氨基酸进行科学系统评价非常重要,在将来的研究中,一方面需要避免栽培种植环境的差异;另一方面要避免“同名异物”和“同物异名”,进行精准评价。

参考文献 References

- [1] 余德浚. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,2004. YU D J. Flora of China[M]. Beijing:Science Press,2004(in Chinese).
- [2] LI W, LIU L, WANG Y, et al. Genetic diversity, population structure, and relationships of apricot (*Prunus*) based on restriction site-associated DNA sequencing[J/OL]. Horticulture Res, 2020(7): 69 [2021-03-05]. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0284-6>.
- [3] 郭玲. 新疆杏(亚)属植物系统发育和紫杏(*P. dasycarpa*)起源研究[D]. 武汉:华中农业大学,2019. GUO L. Phylogeny of *Armeniaca* (subgenus) and purple apricot (*Prunus dasycarpa* Ehrh.) origin in Xinjiang[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2019 (in Chinese with English abstract).
- [4] 刘娟. 新疆杏种质资源遗传多样性及核心种质构建[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2015. LIU J. Analysis of genetic diversity and establishment of core collection of apricot germplasm resources in Xinjiang[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2015 (in Chinese with English abstract).
- [5] 孙家正, 张大海, 张艳敏, 等. 南疆栽培杏风味物质组成及其遗传多样性[J]. 园艺学报, 2010, 37(1): 17-22. SUN J Z, ZHANG D H, ZHANG Y M, et al. Genetic diversity and constituents of flavor in southern Xinjiang apricot cultivars[J]. Acta horticulturae sinica, 2010, 37(1): 17-22.
- [6] 孙家正. 南疆栽培杏部分表型性状遗传多样性研究[D]. 泰安:山东农业大学,2010. SUN J Z. Study on genetic diversity of phenotypic traits in apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars in Southern Xinjiang, China [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2010 (in Chinese with English abstract).
- [7] 徐克芹. 西伯利亚杏蛋白营养评价及杏仁豆腐制备技术[D]. 长沙:中南林业科技大学,2019. XU K Q. Nutritional evaluation of kernel protein in *Armeniaca sibirica* apricot and preparation technology of apricot kernel tofu[D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2019 (in Chinese with English abstract).
- [8] 宋永宏, 杨晓华, 李静江, 等. 不同杏品种果实营养成分分析及综合评价[J]. 中国农学通报, 2018, 34(23): 65-71. SONG Y H, YANG X H, LI J J, et al. Fruits of apricot cultivars: nutritional components analysis and comprehensive evaluation, 2018, 34(23): 65-71 (in Chinese with English abstract).
- [9] 李雪. 黑龙江省东南部地区山杏果实性状评价[J]. 林业科技, 2016, 41(3): 37-39. LI X. Evaluation on fruit characters of *Prunus sibirica* in southeast of Heilongjiang Province[J]. Forestry science & technology, 2016, 41(3): 37-39 (in Chinese).
- [10] 王超, 薛蓓, 刘振东, 等. 西藏野生藏杏果实品质质量评价[J]. 食品科技, 2015, 40(9): 87-91. WANG C, XUE B, LIU Z D, et al. Evaluation of duality of wild *Armeniaca holosericea* in Tibet [J]. Food science and technology, 2015, 40(9): 87-91 (in Chinese).
- [11] KATONA Z F, SASS P, MOLNÁR-PERL I. Simultaneous determination of sugars, sugar alcohols, acids and amino acids in apricots by gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of chromatography A, 1999, 847(1): 91-102.
- [12] WATANABE T, FUKUI H, NAKAMURA M. Total amino acid, soluble sugars, and starch in several aged branches of Japanese apricot tree[J]. Eng Gakkai Zasshi, 1990, 59(3): 641-648.
- [13] HEGAZI S M, SALEM S A. Amino acid pattern of the Egyptian apricot fruits (Hamawy)[J]. Journal of the science of food and agriculture, 1972, 23(4): 497-499.
- [14] SOCHOR J, SKUTKOVA H, BABULA P, et al. Mathematical evaluation of the amino acid and polyphenol content and antioxidant activities of fruits from different apricot cultivars[J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2011, 16(9): 7428-7457.
- [15] World Health Organization. Energy and protein requirements [R]. Geneva: FAO/WHO, 1973.
- [16] 吴月亮, 许森, 董胜君, 等. 不同产区苦杏仁营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(23): 300-305. WU Y L, XU M, DONG S J, et al. Analysis of nutritional composition of bitter almond from different growing areas[J]. Science and technology of food industry, 2019, 40(23): 300-305 (in Chinese with English abstract).
- [17] 杨波, 龚鹏, 徐叶挺, 等. 新疆引进美国扁桃品种种仁的品质特性[J]. 西北农业学报, 2011, 20(7): 132-137. YANG B, GONG P, XU Y T, et al. Kernel quality evaluation of almond varieties introduced from American to Xinjiang [J]. Acta agriculturae borealis-occidentalis sinica, 2011, 20(7): 132-137 (in Chinese with English abstract).
- [18] LI S G, GENG F, WANG P, et al. Proteome analysis of the almond kernel (*Prunus dulcis*) [J]. Journal of the science of food and agriculture, 2016, 96(10): 3351-3357.
- [19] ASADPOOR M, ANSARIN M, NEMATI M. Amino acid profile as a feasible tool for determination of the authenticity of fruit juices[J]. Advanced pharmaceutical bulletin, 2014, 4(4): 359-362.
- [20] 刘凤兰, 王建友, 毛金梅, 等. 不同采摘期纸皮巴旦木果仁蛋白质和氨基酸含量及组分[J]. 林业科技开发, 2015, 29(6): 62-65. LIU F L, WANG J Y, MAO J M, et al. An analysis on content and composition of proteins and amino acids in paper almonds during the different picking period[J]. Journal of forestry engineering, 2015, 29(6): 62-65 (in Chinese).
- [21] 尹蓉, 张倩茹, 王贤萍, 等. 不同杏品种种仁氨基酸组成分析[J]. 山西农业科学, 2017, 45(7): 1087-1090, 1095. YIN R,

- ZHANG Q R, WANG X P, et al. Composition analysis of amino acid in kernel of different apricot varieties[J]. Journal of Shanxi agricultural sciences, 2017, 45(7): 1087-1090, 1095 (in Chinese).
- [22] 李翠芹, 陈桐, 章平, 等. 甜杏仁中微量元素及氨基酸成分的分析[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 2006(2): 92-94, 98. LI C Q, CHEN T, ZHANG P, et al. Analysis of trace elements and amino acids in sugary almond[J]. Journal of Guizhou University of Technology (natural science edition), 2006(2): 92-94, 98 (in Chinese).
- [23] 陈毅琼. 杏不同品种果仁主要营养成分比较[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015. CHEN Y Q. Comparison of main nutrient components in different apricot kernel varieties [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2015 (in Chinese with English abstract).
- [24] 岳惠惠. 新疆栽培杏主要品种杏仁的营养品质测定和分析评价[D]. 喀什: 喀什大学, 2020. YUE H H. Determination, analysis and evaluation of nutritional quality of major apricot varieties in Xinjiang [D]. Kashi: Kashgar University, 2020 (in Chinese with English abstract).
- [25] 卢冉, 王炳智, 田英姿. 不同品种杏仁氨基酸组成分析及综合评价[J/OL]. 食品科学, 2021: 1-11 [2021-03-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20201120.1523.101.html>.
- LU R, WANG B Z, TIAN Y Z. Comprehensive evaluation and analysis of amino acids composition of different kinds of almond[J/OL]. Food science, 2021: 1-11 [2021-03-27]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20201120.1523.101.html>.
- [26] 张凤云, 王国礼, 张和平, 等. 扁桃种仁化学成分研究[J]. 西北农业学报, 1997, 6(3): 87-89. ZHANG F Y, WANG G L, ZHANG H P, et al. The chemical composition of seeds of badam[J]. Acta agriculturae boreali-occidentalis sinica, 1997, 6(3): 87-89 (in Chinese with English abstract).
- [27] 赵翠, 田英姿, 英犁, 等. 新疆几种巴旦杏综合营养成分分析[J]. 现代食品科技, 2016, 32(2): 262-268. ZHAO C, TIAN Y Z, YING L, et al. Comprehensive analysis of nutritional components in several Xinjiang paddan almond samples[J]. Modern food science and technology, 2016, 32(2): 262-268 (in Chinese).
- [28] 李鹏, 殷继英, 田嘉, 等. 扁桃种仁氨基酸组分及加工品质分析[J]. 中国食品学报, 2018, 18(12): 270-282. LI P, YIN J Y, TIAN J, et al. Analysis of processing quality and amino acid components of almond kernels[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(12): 270-282 (in Chinese with English abstract).

Comparison and analysis of amino acids in kernel of apricot core germplasm in Southern Xinjiang

HUANG Xue^{1,2}, HAN Aizhi², TUERSUNGULI · Wulayimu^{1,2}, GUO Ling^{1,2}

1. College of Plant Science/State and Local Joint Engineering Laboratory for Efficient and High-Quality Cultivation and Deep Processing of Characteristic Fruit Trees in Southern Xinjiang, Tarim University, Alar 843300, China;
2. Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Biological Resources Protection and Utilization of Tarim Basin, Alar 843300, China

Abstract To comparison and analysis the amino acid composition and content of core apricot seed kernels in Southern Xinjiang, and to screen out high quality apricot varieties. The amino acids in 29 almonds were determined by high performance liquid chromatography (HPLC). The essential amino acids of 29 varieties of apricot seeds ranged from 4.150 to 13.276 g/100 g, the total amino acids ranged from 11.840 to 42.868 g/100 g, and the SRC values ranged from 23.168 to 67.013. The principal component analysis indicated that serine and cysteine were the characteristic amino acids of apricot kernels in Southern Xinjiang. The contents of bitter amino acids, sweet amino acids, fresh amino acids and medicinal amino acids were highest in ‘Danxing’ and lowest in ‘Luntaitianrenxing’, while sour amino acids contain the highest amount of ‘Huanna’. There are 29 varieties of apricot seeds, with ‘Danxing’ having high amino acid content and excellent quality.

Keywords apricot seeds; core germplasm; amino acids; quality; Southern Xinjiang

(责任编辑: 张志钰)