

DOI:10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90071

# 基于氨基酸含量的玉米品种品质综合评价

## Quality comprehensive assessment of different maize varieties based on amino acids content

孙 强<sup>1</sup> 郭永霞<sup>1,2</sup>SUN Qiang<sup>1</sup> GUO Yong-xia<sup>1,2</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江大庆 163319; 2. 国家杂粮工程技术研究中心, 黑龙江大庆 163319)

(1. Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China; 2. National Research Center for Miscellaneous Grain Engineering Technology, Daqing, Heilongjiang 163319, China)

**摘要:**目的:研究基于氨基酸含量的不同玉米品种的品质差异。方法:以 16 个新玉系列玉米品种为研究对象,测定玉米籽粒中氨基酸含量,并以玉米籽粒中含有的 16 种氨基酸含量作为评价指标,进行主成分分析,并对玉米品种进行聚类分析。结果:玉米品种对 16 种氨基酸含量的影响顺序为 Met>His>Tyr>Lys>Pro>Thr>Leu>Glu>Ser>Phe>Val>Asp>Ala>Ile>Gly>Arg;主成分分析可提取出 2 个主成分,其累计方差贡献率达 90.227%;Ala、Ser、Glu、Leu、Asp、Phe 和 Met 可作为不同玉米品种品质综合评价指标;基于氨基酸含量的品质优劣顺序,可将 16 个玉米品种划分为三大类。结论:新玉 54 号和新玉 65 号两个品种综合品质较好,新玉 87 号和新玉 13 号 2 个品种综合品质较差。

**关键词:**玉米;品质评价;氨基酸含量;主成分分析

**Abstract: Objective:** To study quality difference of different maize varieties based on amino acid content. **Methods:** 16 Xinyumaize series varieties were used to be tested materials, amino acid content of corn kernel were measured and used to be evaluation index and applied to principal component analysis and clustering analysis. **Results:** The affected order of maize varieties on 16 amino acid content was Met>His>Tyr>Pro>Thr>Leu>Glu>Ser>Phe>Val>Asp>Ala>Ile>Gly>Arg. 2 principal components were extracted by principal component analysis, its accumulative variance contribution rate reach to 90.227%, Ala, Ser, Glu, Leu, Asp, Phe and Met can be used to comprehensive as-

essment index of 16 maize varieties. Based on amino acid content, 16 maize varieties were divided into three groups by clustering. **Conclusion:** Comprehensive quality of both varieties Xinyu54 and Xinyu65 were better, those of Xinyu87 and Xinyu13 were relatively poor.

**Keywords:** corn; quality assessment; amino acid content; principal component analysis

玉米富含各种氨基酸和维生素,对人体生长发育均有一定的益处。氨基酸是构成机体蛋白质的基本结构分子,其含量对玉米的营养品质有重要作用<sup>[1]</sup>。不同氨基酸在生物体内具有不同的功能,其中脯氨酸能促进哺乳动物胎儿和幼崽的生长发育<sup>[2-3]</sup>,异亮氨酸和缬氨酸可以改善妊娠环江香猪的脂肪代谢和氮代谢<sup>[4-5]</sup>,谷氨酸可以缓解仔猪断奶应激反应<sup>[6-7]</sup>,赖氨酸是动物体内必需蛋白质的重要补充<sup>[8-9]</sup>。

宋吉英<sup>[1]</sup>对山东 10 个产地玉米的氨基酸含量进行了测定;毛红艳等<sup>[10]</sup>对新疆地区的玉米品种的赖氨酸及粗脂肪、粗淀粉、粗蛋白、直链淀粉含量进行了测定及品质评价;牛丽影等<sup>[11]</sup>对鲜食糯玉米、甜玉米和常规玉米进行了不同采收期氨基酸变化的分析;孙志东等<sup>[12]</sup>对 136 份糯玉米游离氨基酸含量与品质性状的相关性进行了分析;陈超等<sup>[13]</sup>对 2 种玉米氨基酸含量及组成进行了比较分析;牛丽影等<sup>[14]</sup>利用高效液相色谱法对 2 种鲜食玉米从鲜穗吐丝授粉到乳熟期的氨基酸含量的变化进行了分析;姬玉梅等<sup>[15]</sup>利用 HPLC 法对 13 个玉米自交系的 16 种游离氨基酸进行了分析。综上,不同玉米品种中氨基酸营养成分差异较大,利用某一种氨基酸来评价玉米的品质是不客观的。研究拟选取 16 个新玉系列玉米品种进行氨基酸含量测定,并基于氨基酸含量进行品质综合评价,以期为玉米的品质育种、种质资源的鉴定与筛选及综合加工利用提供依据。

**基金项目:**黑龙江省自然科学基金面上项目(编号:C2018046);黑龙江八一农垦大学博士启动基金项目(编号:XDB2014-13)

**作者简介:**孙强,男,黑龙江八一农垦大学副教授,博士。

**通信作者:**郭永霞(1970—),女,黑龙江八一农垦大学教授,博士。

E-mail:gyxia@163.com

**收稿日期:**2021-04-27

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

玉米:16个新玉系列,新疆首禾农业发展有限公司;

茚三酮:分析纯,德国 Menbar Pure 公司;

氨基酸标准品:美国 Sigma 公司;

氢氧化钠、浓盐酸、磺基水杨酸等:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器设备

全自动氨基酸分析仪:L-8900型,日本 HITACHI 公司;

离心机:Centrifuge 5424 R型,德国 Eppendorf 公司;

电子天平:AL104型,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司;

pH 酸度计:DELTA320型,梅特勒—托利多仪器(上海)有限公司;

小型高速粉碎机:TLG-01型,北京天利恒诚科技有限公司。

### 1.3 试验方法

1.3.1 样品水分含量测定 参照 GB 5009.3—2016 的直接干燥法。

1.3.2 样品酸水解和氨基酸含量测定 参照 GB 5009.124—2016。

### 1.4 数据统计分析

#### 1.4.1 隶属函数值

$$U(X_j) = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (1)$$

式中:

$X_j$ ——第  $j$  个综合指标,  $j=1, 2, \dots, n$ ;

$U(X_j)$ ——第  $j$  个综合指标的隶属函数值;

$X_{\min}$ 、 $X_{\max}$ ——第  $j$  个综合指标的最小值与最大值<sup>[16]</sup>。

#### 1.4.2 权重

$$W_j = \frac{R_j}{\sum_{j=1}^n R_j}, \quad (2)$$

式中:

$W_j$ ——第  $j$  个综合指标的权重;

$R_j$ ——第  $j$  个综合指标的贡献率<sup>[17]</sup>。

#### 1.4.3 综合评价值

$$D = \sum_{j=1}^n [U(X_j)W_j], \quad (3)$$

式中:

$D$ ——不同玉米品种的综合评价<sup>[18]</sup>。

1.4.4 数据统计分析 采用 Excel 2013 软件进行数据统计与整理;相关性和差异性分析、主成分分析(PCA)采用 R 3.6.1 语言;聚类分析采用 SPSS 20.0 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 氨基酸组成分析

由表 1 可知,16 个玉米品种中均含有 16 种氨基酸,分别为甲硫氨酸(Met)、缬氨酸(Val)、赖氨酸(Lys)、异亮氨酸(Ile)、苯丙氨酸(Phe)、亮氨酸(Leu)、苏氨酸(Thr)、丝氨酸(Ser)、天冬氨酸(Asp)、谷氨酸(Glu)、丙氨酸(Ala)、甘氨酸(Gly)、酪氨酸(Tyr)、精氨酸(Arg)、组氨酸(His)和脯氨酸(Pro)。其中前 7 种为人体必需氨基酸,但未检测到色氨酸(Trp)。新玉 41 号的必需氨基酸含量最高为 26.90 mg/g,新玉 87 号的最低为 18.65 mg/g。16 种氨基酸中 Glu 含量最高为 12.68 mg/g, Met 含量最低为 0.19 mg/g;新玉 41 号的游离氨基酸含量最高为 77.50 mg/g,新玉 87 号的最低为 53.95 mg/g。综上,16 种氨基酸含量最高的玉米品种与含量最低的玉米品种之间均存在显著性差异( $P < 0.05$ )。其中 Arg 含量为 3.21~3.99 mg/g,其变异系数最小为 6.78%,说明玉米品种对 Arg 含量影响最小;Met 含量为 0.24~1.21 mg/g,其变异系数最大为 39.68%,说明玉米品种对 Met 含量影响最大;其余氨基酸变异系数为 6.78%~39.68%,因此玉米品种对氨基酸含量的影响顺序为 Met>His>Tyr>Lys>Pro>Thr>Leu>Glu>Ser>Phe>Val>Asp>Ala>Ile>Gly>Arg。

### 2.2 氨基酸含量相关性分析

由表 2 可知,16 种氨基酸之间具有不同程度的相关性,其中 Met 与 Lys、Val、Ile、Leu、Phe 和 Arg 6 种氨基酸之间无显著相关性,Lys 与 Thr、Pro 之间无显著相关性, Met 与 Ser 和 Ala、Lys 与 Gly 和 His 之间呈显著正相关( $P < 0.05$ ),其余各种氨基酸之间均呈极显著正相关( $P < 0.01$ )。

### 2.3 不同玉米品种氨基酸含量的主成分分析

2.3.1 主成分提取 由表 3 可知,将特征值>1 的作为主成分(图 1),共提取出 2 个主成分,累计方差贡献率达 90.227%,这 2 个主成分综合了 16 个玉米品种的 16 种氨基酸指标的大部分信息,因此可以利用这 2 个主成分来代替 16 种氨基酸指标对 16 个玉米品种进行品质综合评价。将 2 个主成分分别定义为第一主成分( $P_{CA,1}$ )和第二主成分( $P_{CA,2}$ ),由表 4 可知,2 个主成分对应特征向量分别为:

$$P_{CA,1} = 0.174\text{Met} + 0.217\text{Lys} + 0.257\text{Val} + 0.245\text{Ile} + 0.268\text{Leu} + 0.264\text{Phe} + 0.252\text{Thr} + 0.266\text{Asp} + 0.271\text{Ser} + 0.270\text{Glu} + 0.242\text{Gly} + 0.273\text{Ala} + 0.247\text{Tyr} + 0.257\text{His} + 0.237\text{Arg} + 0.241\text{Pro}, \quad (4)$$

$$P_{CA,2} = 0.552\text{Met} - 0.429\text{Lys} - 0.251\text{Val} - 0.200\text{Ile} - 0.068\text{Leu} - 0.225\text{Phe} + 0.293\text{Thr} + 0.139\text{Asp} - 0.019\text{Ser} + 0.121\text{Glu} + 0.183\text{Gly} - 0.037\text{Ala} + 0.002\text{Tyr} + 0.107\text{His} - 0.334\text{Arg} + 0.274\text{Pro}. \quad (5)$$

表 1 16 个玉米品种的氨基酸组成与含量<sup>†</sup>

Table 1 Amino acid composition and content of 16 maize varieties mg/g

品种	Met <sup>*</sup>	Lys <sup>*</sup>	Val <sup>*</sup>	Ile <sup>*</sup>	Leu <sup>*</sup>	Phe <sup>*</sup>
新玉 9 号	0.68±0.04 <sup>bcdef</sup>	1.92±0.04 <sup>de</sup>	3.04±0.04 <sup>bcd</sup>	2.71±0.04 <sup>abcd</sup>	8.47±0.03 <sup>ab</sup>	3.39±0.14 <sup>bcdef</sup>
新玉 13 号	0.47±0.03 <sup>def</sup>	2.56±0.01 <sup>a</sup>	3.61±0.01 <sup>a</sup>	2.97±0.03 <sup>a</sup>	9.46±0.01 <sup>a</sup>	3.94±0.10 <sup>a</sup>
新玉 29 号	0.54±0.02 <sup>cdef</sup>	1.91±0.01 <sup>de</sup>	2.97±0.02 <sup>cd</sup>	2.63±0.02 <sup>bcd</sup>	8.43±0.03 <sup>ab</sup>	3.32±0.17 <sup>bcdefg</sup>
新玉 35 号	0.66±0.04 <sup>bcdef</sup>	1.89±0.04 <sup>e</sup>	2.99±0.04 <sup>cd</sup>	2.62±0.02 <sup>cd</sup>	7.77±0.10 <sup>bcd</sup>	3.03±0.06 <sup>efg</sup>
新玉 41 号	1.21±0.01 <sup>a</sup>	2.62±0.04 <sup>a</sup>	3.66±0.03 <sup>a</sup>	2.94±0.05 <sup>ab</sup>	9.29±0.15 <sup>a</sup>	3.82±0.07 <sup>ab</sup>
新玉 47 号	0.86±0.01 <sup>abcde</sup>	2.05±0.06 <sup>bcde</sup>	2.80±0.06 <sup>cd</sup>	2.48±0.01 <sup>de</sup>	7.72±0.05 <sup>bcd</sup>	3.19±0.12 <sup>cdefg</sup>
新玉 54 号	1.10±0.03 <sup>ab</sup>	2.05±0.04 <sup>bcde</sup>	3.05±0.04 <sup>bcd</sup>	2.67±0.03 <sup>abcd</sup>	8.34±0.18 <sup>ab</sup>	3.44±0.10 <sup>abcde</sup>
新玉 59 号	0.61±0.03 <sup>cdef</sup>	1.99±0.04 <sup>cde</sup>	2.84±0.04 <sup>cd</sup>	2.42±0.01 <sup>def</sup>	7.28±0.05 <sup>bcd</sup>	3.08±0.11 <sup>efg</sup>
新玉 60 号	0.96±0.02 <sup>abc</sup>	1.89±0.05 <sup>e</sup>	2.93±0.02 <sup>cd</sup>	2.47±0.03 <sup>de</sup>	7.80±0.20 <sup>bcd</sup>	3.13±0.12 <sup>defg</sup>
新玉 65 号	0.24±0.01 <sup>f</sup>	1.94±0.03 <sup>de</sup>	2.81±0.03 <sup>cd</sup>	2.41±0.04 <sup>def</sup>	6.91±0.19 <sup>cd</sup>	2.96±0.18 <sup>efg</sup>
新玉 74 号	0.88±0.04 <sup>abcd</sup>	2.06±0.05 <sup>bcde</sup>	2.95±0.01 <sup>cd</sup>	2.59±0.06 <sup>cd</sup>	8.07±0.13 <sup>abc</sup>	3.42±0.12 <sup>abcde</sup>
新玉 77 号	0.37±0.01 <sup>f</sup>	1.92±0.06 <sup>de</sup>	2.65±0.04 <sup>d</sup>	2.27±0.03 <sup>ef</sup>	6.58±0.07 <sup>d</sup>	2.83±0.02 <sup>fg</sup>
新玉 80 号	0.42±0.02 <sup>ef</sup>	2.46±0.08 <sup>ab</sup>	3.23±0.04 <sup>abc</sup>	2.81±0.04 <sup>abc</sup>	8.44±0.11 <sup>ab</sup>	3.68±0.10 <sup>abcd</sup>
新玉 84 号	0.59±0.01 <sup>cdef</sup>	2.34±0.01 <sup>abcd</sup>	3.05±0.06 <sup>bcd</sup>	2.55±0.04 <sup>cde</sup>	7.60±0.30 <sup>bcd</sup>	3.31±0.16 <sup>bcdefg</sup>
新玉 87 号	0.54±0.01 <sup>cdef</sup>	1.79±0.03 <sup>e</sup>	2.58±0.04 <sup>d</sup>	2.14±0.06 <sup>f</sup>	6.53±0.52 <sup>d</sup>	2.77±0.13 <sup>g</sup>
新玉 108 号	0.95±0.01 <sup>abc</sup>	2.43±0.03 <sup>abc</sup>	3.55±0.04 <sup>ab</sup>	2.63±0.02 <sup>bcd</sup>	9.34±0.21 <sup>a</sup>	3.74±0.10 <sup>abc</sup>
平均值	0.69	2.11	3.04	2.58	8.00	3.32
变异系数/%	39.68	12.84	10.55	8.56	11.42	10.55
品种	Thr <sup>*</sup>	Asp	Ser	Glu	Gly	Ala
新玉 9 号	2.95±0.06 <sup>abcd</sup>	4.57±0.18 <sup>bcde</sup>	3.46±0.14 <sup>abcde</sup>	13.34±0.06 <sup>abcd</sup>	2.70±0.07 <sup>abcde</sup>	5.05±0.06 <sup>bcde</sup>
新玉 13 号	3.14±0.07 <sup>ab</sup>	4.93±0.17 <sup>abc</sup>	3.98±0.19 <sup>a</sup>	14.49±0.16 <sup>ab</sup>	2.84±0.06 <sup>ab</sup>	5.69±0.07 <sup>ab</sup>
新玉 29 号	2.91±0.05 <sup>abcd</sup>	4.34±0.04 <sup>cde</sup>	3.38±0.12 <sup>bcdef</sup>	13.06±0.10 <sup>bcde</sup>	2.69±0.05 <sup>abcdef</sup>	5.00±0.03 <sup>bcde</sup>
新玉 35 号	2.83±0.05 <sup>bcde</sup>	4.23±0.03 <sup>cde</sup>	3.03±0.07 <sup>ef</sup>	12.11±0.20 <sup>cdefg</sup>	2.36±0.08 <sup>ef</sup>	4.79±0.06 <sup>cdef</sup>
新玉 41 号	3.36±0.08 <sup>a</sup>	5.35±0.08 <sup>a</sup>	3.98±0.19 <sup>a</sup>	15.30±0.30 <sup>a</sup>	3.03±0.02 <sup>a</sup>	5.84±0.04 <sup>a</sup>
新玉 47 号	2.96±0.06 <sup>abcd</sup>	4.68±0.15 <sup>abcd</sup>	3.43±0.08 <sup>abcde</sup>	12.76±0.13 <sup>bcde</sup>	2.83±0.02 <sup>ab</sup>	4.99±0.06 <sup>bcde</sup>
新玉 54 号	3.16±0.09 <sup>ab</sup>	4.96±0.08 <sup>abc</sup>	3.71±0.03 <sup>abc</sup>	14.04±0.07 <sup>abc</sup>	2.81±0.04 <sup>abc</sup>	5.15±0.04 <sup>abc</sup>
新玉 59 号	2.60±0.06 <sup>cdef</sup>	4.32±0.06 <sup>cde</sup>	3.23±0.21 <sup>cdef</sup>	11.37±0.06 <sup>defg</sup>	2.48±0.03 <sup>cdef</sup>	4.44±0.04 <sup>def</sup>
新玉 60 号	3.20±0.14 <sup>ab</sup>	4.51±0.12 <sup>cde</sup>	3.36±0.19 <sup>bcdef</sup>	12.67±0.10 <sup>bcdef</sup>	2.87±0.02 <sup>ab</sup>	4.82±0.02 <sup>cdef</sup>
新玉 65 号	2.53±0.09 <sup>def</sup>	4.14±0.22 <sup>de</sup>	3.09±0.16 <sup>def</sup>	11.15±0.16 <sup>efg</sup>	2.42±0.01 <sup>def</sup>	4.46±0.01 <sup>cdef</sup>
新玉 74 号	3.10±0.15 <sup>abc</sup>	4.93±0.17 <sup>abc</sup>	3.65±0.09 <sup>abcd</sup>	13.26±0.17 <sup>bcd</sup>	2.90±0.04 <sup>ab</sup>	5.04±0.03 <sup>bcde</sup>
新玉 77 号	2.35±0.10 <sup>ef</sup>	3.93±0.15 <sup>e</sup>	2.93±0.05 <sup>ef</sup>	10.69±0.04 <sup>fg</sup>	2.45±0.01 <sup>def</sup>	4.37±0.03 <sup>ef</sup>
新玉 80 号	2.79±0.08 <sup>bcdef</sup>	4.51±0.27 <sup>cde</sup>	3.52±0.04 <sup>abcde</sup>	12.56±0.06 <sup>bcdef</sup>	2.76±0.01 <sup>abcd</sup>	5.10±0.01 <sup>bcd</sup>
新玉 84 号	2.54±0.16 <sup>def</sup>	4.25±0.14 <sup>cde</sup>	3.26±0.05 <sup>cdef</sup>	11.70±0.08 <sup>defg</sup>	2.62±0.06 <sup>bcdef</sup>	4.68±0.02 <sup>cdef</sup>
新玉 87 号	2.30±0.15 <sup>f</sup>	3.84±0.18 <sup>e</sup>	2.82±0.04 <sup>f</sup>	10.33±0.19 <sup>g</sup>	2.35±0.06 <sup>f</sup>	4.28±0.02 <sup>f</sup>
新玉 108 号	3.30±0.12 <sup>ab</sup>	5.26±0.12 <sup>ab</sup>	3.95±0.09 <sup>ab</sup>	14.02±0.01 <sup>abc</sup>	2.85±0.08 <sup>ab</sup>	5.55±0.03 <sup>ab</sup>
平均值	2.88	4.55	3.42	12.68	2.69	4.95
变异系数/%	11.57	9.78	10.62	11.07	7.95	9.30
品种	Tyr	His	Arg	Pro	必需氨基酸	游离氨基酸
新玉 9 号	2.55±0.03 <sup>abc</sup>	1.97±0.01 <sup>bc</sup>	3.50±0.08 <sup>cde</sup>	6.75±0.04 <sup>abc</sup>	23.16	67.05
新玉 13 号	2.46±0.01 <sup>bcd</sup>	2.25±0.06 <sup>ab</sup>	3.99±0.04 <sup>a</sup>	6.97±0.10 <sup>ab</sup>	26.15	73.75
新玉 29 号	2.30±0.08 <sup>bcde</sup>	2.12±0.02 <sup>abc</sup>	3.30±0.08 <sup>de</sup>	7.26±0.01 <sup>ab</sup>	22.71	66.16
新玉 35 号	2.23±0.02 <sup>bcde</sup>	1.97±0.02 <sup>bc</sup>	3.37±0.03 <sup>de</sup>	6.92±0.01 <sup>ab</sup>	21.79	62.80
新玉 41 号	3.01±0.08 <sup>a</sup>	2.51±0.06 <sup>a</sup>	3.88±0.04 <sup>abc</sup>	7.70±0.06 <sup>a</sup>	26.90	77.50
新玉 47 号	2.25±0.06 <sup>bcde</sup>	1.88±0.03 <sup>bcd</sup>	3.37±0.02 <sup>de</sup>	6.80±0.10 <sup>abc</sup>	22.06	65.05
新玉 54 号	2.46±0.08 <sup>bcd</sup>	2.25±0.03 <sup>ab</sup>	3.63±0.02 <sup>abcd</sup>	7.47±0.11 <sup>a</sup>	23.81	70.29
新玉 59 号	2.29±0.04 <sup>bcde</sup>	1.87±0.02 <sup>bcd</sup>	3.39±0.01 <sup>de</sup>	5.48±0.07 <sup>de</sup>	20.82	59.69
新玉 60 号	2.24±0.03 <sup>bcde</sup>	1.98±0.01 <sup>bc</sup>	3.49±0.06 <sup>cde</sup>	6.83±0.06 <sup>ab</sup>	22.38	65.15

续表 1

品种	Tyr	His	Arg	Pro	必需氨基酸	游离氨基酸
新玉 65 号	1.97±0.02 <sup>de</sup>	1.75±0.02 <sup>cd</sup>	3.42±0.01 <sup>de</sup>	5.45±0.09 <sup>de</sup>	19.80	57.65
新玉 74 号	2.64±0.01 <sup>ab</sup>	1.97±0.02 <sup>bc</sup>	3.64±0.01 <sup>abcd</sup>	6.94±0.07 <sup>ab</sup>	23.07	68.04
新玉 77 号	1.93±0.01 <sup>e</sup>	1.70±0.06 <sup>cd</sup>	3.42±0.04 <sup>de</sup>	5.60±0.12 <sup>cde</sup>	18.97	55.99
新玉 80 号	2.59±0.08 <sup>abc</sup>	1.94±0.02 <sup>bc</sup>	3.85±0.03 <sup>abc</sup>	6.53±0.03 <sup>abcd</sup>	23.83	67.19
新玉 84 号	2.38±0.03 <sup>bcde</sup>	1.70±0.03 <sup>cd</sup>	3.58±0.03 <sup>bcde</sup>	6.07±0.10 <sup>bcde</sup>	21.98	62.22
新玉 87 号	2.11±0.11 <sup>cde</sup>	1.48±0.02 <sup>d</sup>	3.21±0.07 <sup>e</sup>	4.88±0.03 <sup>e</sup>	18.65	53.95
新玉 108 号	2.99±0.05 <sup>a</sup>	2.50±0.05 <sup>a</sup>	3.95±0.04 <sup>ab</sup>	7.35±0.03 <sup>a</sup>	25.94	74.36
平均值	2.40	1.99	3.56	6.56	22.63	65.43
变异系数/%	12.88	14.21	6.78	12.59	10.64	10.16

† \* 为必需氨基酸。

表 2 16 个玉米品种氨基酸相关性分析<sup>†</sup>

Table 2 Correlation analysis between amino acid composition of 16 maize varieties

氨基酸	Met	Lys	Val	Ile	Leu	Phe	Thr	Asp
Met	1.000							
Lys	0.234	1.000						
Val	0.392	0.885 **	1.000					
Ile	0.320	0.752 **	0.882 **	1.000				
Leu	0.486	0.734 **	0.928 **	0.909 **	1.000			
Phe	0.388	0.870 **	0.937 **	0.916 **	0.952 **	1.000		
Thr	0.765 **	0.484	0.736 **	0.726 **	0.861 **	0.758 **	1.000	
Asp	0.741 **	0.680 **	0.815 **	0.742 **	0.871 **	0.853 **	0.920 **	1.000
Ser	0.581 *	0.769 **	0.881 **	0.827 **	0.932 **	0.946 **	0.878 **	0.962 **
Glu	0.667 **	0.642 **	0.846 **	0.868 **	0.943 **	0.885 **	0.936 **	0.937 **
Gly	0.695 **	0.612 *	0.672 **	0.675 **	0.779 **	0.792 **	0.874 **	0.882 **
Ala	0.556 *	0.775 **	0.927 **	0.889 **	0.967 **	0.939 **	0.876 **	0.916 **
Tyr	0.647 **	0.727 **	0.829 **	0.711 **	0.844 **	0.845 **	0.757 **	0.877 **
His	0.633 **	0.618 *	0.858 **	0.772 **	0.905 **	0.814 **	0.894 **	0.900 **
Arg	0.306	0.910 **	0.906 **	0.777 **	0.807 **	0.910 **	0.637 **	0.784 **
Pro	0.691 **	0.455	0.697 **	0.775 **	0.853 **	0.733 **	0.919 **	0.825 **
氨基酸	Ser	Glu	Gly	Ala	Tyr	His	Arg	Pro
Met								
Lys								
Val								
Ile								
Leu								
Phe								
Thr								
Asp								
Ser	1.000							
Glu	0.945 **	1.000						
Gly	0.886 **	0.866 **	1.000					
Ala	0.949 **	0.966 **	0.830 **	1.000				
Tyr	0.850 **	0.812 **	0.750 **	0.840 **	1.000			
His	0.889 **	0.922 **	0.733 **	0.909 **	0.799 **	1.000		
Arg	0.860 **	0.732 **	0.685 **	0.827 **	0.772 **	0.722 **	1.000	
Pro	0.796 **	0.915 **	0.791 **	0.855 **	0.702 **	0.873 **	0.555 **	1.000

† \* \*. 在 0.01 水平(双侧)极显著相关( $P < 0.01$ ); \*. 在 0.05 水平(双侧)显著相关( $P < 0.05$ )。

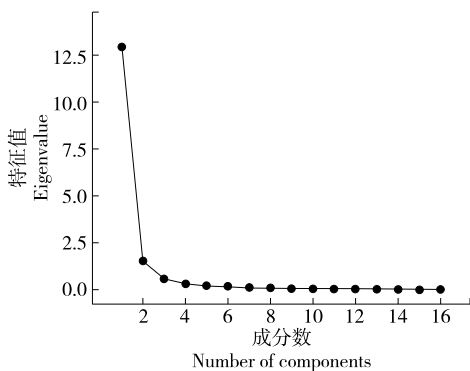


图 1 不同玉米品种氨基酸含量主成分提取碎石图

Figure 1 Scree plot of principal component extraction of amino acid content from different maize varieties

由图 2 和表 3、表 4 可知,第一主成分的方差贡献率为 80.832%,在第一主成分的表达式中, Ala、Ser、Glu、Leu、Asp 和 Phe 系数较大,分别为 0.273,0.271,0.270,0.268,0.266,0.264;第二主成分的方差贡献率为 9.395%,在第二主成分的表达式中, Met 系数最大为 0.552;综上,

表 3 主成分提取

Table 3 Principal component extraction

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
第一主成分	12.933	80.832	80.832
第二主成分	1.503	9.395	90.227

表 4 主成分的特征向量及载荷矩阵

Table 4 Principal component eigenvectors and loading matrix

氨基酸	第一主成分		第二主成分	
	特征向量	载荷	特征向量	载荷
Met	0.174	0.624	0.552	0.677
Lys	0.217	0.780	-0.429	-0.526
Val	0.257	0.924	-0.251	-0.307
Ile	0.245	0.880	-0.200	-0.245
Leu	0.268	0.965	-0.068	-0.083
Phe	0.264	0.949	-0.225	-0.276
Thr	0.252	0.907	0.293	0.359
Asp	0.266	0.955	0.139	0.171
Ser	0.271	0.975	-0.019	-0.023
Glu	0.270	0.970	0.121	0.149
Gly	0.242	0.871	0.183	0.225
Ala	0.273	0.981	-0.037	-0.045
Tyr	0.247	0.889	0.002	0.003
His	0.257	0.925	0.107	0.132
Arg	0.237	0.853	-0.334	-0.409
Pro	0.241	0.867	0.274	0.336

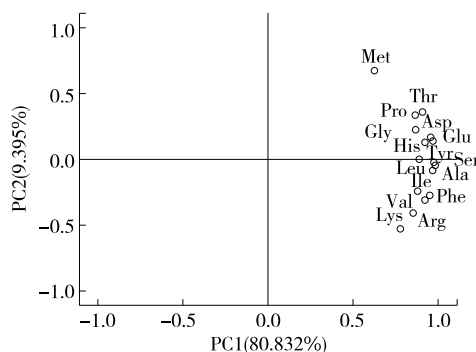


图 2 不同玉米品种氨基酸含量主成分图

Figure 2 Principle component of amino acid content from different maize varieties

Ala、Ser、Glu、Leu、Asp、Phe 和 Met 可以作为 16 个玉米品种基于氨基酸含量的综合评价指标。

2.3.2 基于氨基酸含量的品质综合评价

(1) 隶属函数:由表 5 可知,2 个综合指标的隶属函数数值不同,对于第一主成分而言,新玉 108 号的  $U(X_1)$  值最大为 1.000,说明新玉 108 号在第一主成分上表现出的品质是最好的,新玉 87 号的  $U(X_1)$  值最小为 0,说明新玉 87 号在第一主成分上表现出的品质是最差的;对于第二主成分而言,新玉 60 号的  $U(X_2)$  值最大为 1.000,说明新玉 60 号在第二主成分上表现出的品质是最好的,新玉 80 号的  $U(X_2)$  值最小为 0,说明新玉 80 号在第二主成分

表 5 16 个玉米品种品质综合评价

Table 5 Comprehensive assessment of quality of 16 maize varieties

品种	综合指标值		隶属函数值		D 值	排序
	第一主成分	第二主成分	$U(X_1)$	$U(X_2)$		
新玉 9 号	0.157	0.294	0.598	0.632	0.213	11
新玉 13 号	1.286	-1.841	0.960	-0.017	0.150	16
新玉 29 号	-0.049	0.521	0.532	0.701	0.204	13
新玉 35 号	-0.505	0.357	0.385	0.651	0.199	14
新玉 41 号	1.854	0.209	1.142	0.606	0.233	9
新玉 47 号	-0.117	1.115	0.510	0.882	0.213	11
新玉 54 号	0.643	1.314	0.754	0.942	0.257	1
新玉 59 号	-0.791	-0.147	0.294	0.498	0.252	3
新玉 60 号	-0.069	1.504	0.525	1.000	0.241	6
新玉 65 号	-1.129	-0.807	0.185	0.298	0.254	2
新玉 74 号	0.401	0.816	0.676	0.791	0.236	8
新玉 77 号	-1.388	-0.432	0.102	0.412	0.241	6
新玉 80 号	0.396	-1.786	0.674	0.000	0.222	10
新玉 84 号	-0.395	-1.063	0.421	0.220	0.242	5
新玉 87 号	-1.705	0.020	0.000	0.549	0.178	15
新玉 108 号	1.410	-0.074	1.000	0.520	0.245	4
指标权重			0.896	0.104		

上表现出的品质是最差的。

(2) 权重:经计算,第一综合指标的权重为 0.896,第二综合指标的权重为 0.104。

(3) 基于氨基酸含量的综合评价:根据表 5 中的  $D$  值对 16 个玉米品种进行基于氨基酸含量的品质优劣排序,其品质优劣顺序为新玉 54 号>新玉 65 号>新玉 59 号>新玉 108 号>新玉 84 号>新玉 60 号=新玉 77 号>新玉 74 号>新玉 41 号>新玉 80 号>新玉 47 号=新玉 9 号>新玉 29 号>新玉 35 号>新玉 87 号>新玉 13 号。

2.3.3 基于氨基酸含量的聚类分析 采用组间联接法对表 5 中的  $D$  值进行聚类分析,构建 16 个玉米品种聚类树状图(图 3)。由图 3 可知,聚类分析可将 16 个玉米品种划分为三大类,第 I 类包括新玉 54 号、新玉 65 号、新玉 59 号、新玉 108 号、新玉 84 号、新玉 60 号、新玉 77 号、新玉 74 号和新玉 41 号 9 个品种,其基于氨基酸含量的品质最好;第 II 类包括新玉 80 号、新玉 47 号、新玉 9 号、新玉 29 号和新玉 35 号 5 个品种,其基于氨基酸含量的品质次之;第 III 类包括新玉 87 号和新玉 13 号 2 个品种,其基于氨基酸含量的品质最差。

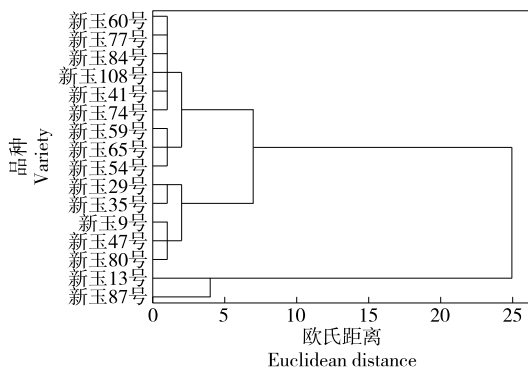


图 3 聚类分析图

Figure 3 Clustering analysis graph

### 3 结论

16 种玉米均含有 16 种氨基酸,7 种人体必需氨基酸,氨基酸含量最高的玉米品种与含量最低的玉米品种之间均存在显著性差异( $P < 0.05$ );主成分分析得出 Ala、Ser、Glu、Leu、Asp、Phe 和 Met 可以作为 16 个玉米品种基于氨基酸含量的综合评价指标;聚类分析将 16 个玉米品种划分为三大类,其基于氨基酸含量的品质依次降低,第 I 类包括新玉 54 号、新玉 65 号、新玉 59 号、新玉 108 号、新玉 84 号、新玉 60 号、新玉 77 号、新玉 74 号和新玉 41 号 9 个品种;第 II 类包括新玉 80 号、新玉 47 号、新玉 9 号、新玉 29 号和新玉 35 号 5 个品种;第 III 类包括新玉 87 号和新玉 13 号 2 个品种。该研究基于氨基酸含量对玉米品质进行综合评价,关于利用其他营养成分对玉米的品质评价还有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 宋吉英. 山东十产地玉米的氨基酸营养分析[J]. 饲料工业, 2014, 35(17): 19-23.  
SONG Ji-ying. Amino acid nutrition analysis of corn from ten localities in Shandong province[J]. Feed Industry, 2014, 35(17): 19-23.
- [2] 张婷, 查伟, 唐子龙, 等. 饲料添加脯氨酸对妊娠环江香猪体成分的影响[J]. 动物营养学报, 2017, 29(2): 556-561.  
ZHANG Ting, ZHA Wei, TANG Zi-long, et al. Effects of dietary proline on body composition in pregnant huanjiang mini-pigs[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2017, 29(2): 556-561.
- [3] KONG Xiang-feng, TAN Bie, YIN Yu-long, et al. L-arginine stimulates the mTOR signaling pathway and protein synthesis in porcine trophectoderm cells[J]. The Journal of Nutritional Biochemistry, 2012, 23(9): 1 178-1 183.
- [4] ZHAO Juan, FENG Lin, LIU Yang, et al. Effect of dietary isoleucine on the immunity, antioxidant status, tight junctions and microflora in the intestine of juvenile Jian carp[J]. Fish & Shellfish Immunology, 2014, 41(2): 663-673.
- [5] 黄红英, 贺建华, 范志勇, 等. 添加缬氨酸和异亮氨酸对哺乳母猪及其仔猪生产性能的影响[J]. 动物营养学报, 2008, 20(3): 281-287.  
HUANG Hong-ying, HE Jian-hua, FAN Zhi-yong, et al. Effects of valine and isoleucine on production performance of lactating sows and litters[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2008, 20(3): 281-287.
- [6] 刘涛, 彭健, 周诗其, 等. 外源性谷氨酰胺和谷氨酸对早期断奶仔猪肠粘膜形态、结构和小肠吸收功能及骨骼肌中 DNA、RNA 浓度的影响[J]. 中国兽医学报, 2003, 23(1): 62-65.  
LIU Tao, PENG Jian, ZHOU Shi-qi, et al. Effects of glutamine and glutamate on small intestinal structure, active absorption and DNA, RNA concentrations in muscle tissue of early weaned piglets[J]. Chinese Journal of Veterinary Science, 2003, 23(1): 62-65.
- [7] 刘涛, 彭健. 在日粮中添加谷氨酰胺和谷氨酸对断奶仔猪生产性能的影响[J]. 华中农业大学学报, 1999, 18(5): 457-460.  
LIU Tao, PENG Jian. Effect of glutamine and glutamate on the performance of early weaned piglets[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1999, 18(5): 457-460.
- [8] 唐红丽. 辽宁省普通玉米品种籽粒品质分析[J]. 种子世界, 2013(3): 19-21.  
TANG Hong-li. Quality analysis of grain from common maize varieties in Liaoning Province[J]. Seed World, 2013(3): 19-21.
- [9] 解慧, 修琳, 郑明珠, 等. 玉米贮藏过程中营养成分的变化[J]. 食品工业, 2014, 35(12): 240-243.  
XIE Hui, XIU Lin, ZHENG Ming-zhu, et al. Change in maize of nutrient content during storage[J]. The Food Industry, 2014, 35(12): 240-243.

(下转第 50 页)