

85 份不同果型番茄种质资源果实 品质分析及综合评价

李子薇, 吕霞, 苏甜, 张应华, 许彬

(云南农业大学园林园艺学院 昆明 650201)

摘要:以不同果型的 85 份番茄种质资源为试验材料,对其果实的外观品质、风味品质及营养品质进行系统研究,采用相关性分析、主成分分析和隶属函数法等多种统计方法对果实品质进行综合评价。结果表明,在外观品质方面,中果型番茄果形变异丰富,小果型和樱桃果型以长圆形、圆形和高圆形为主;成熟果色以红色果实占据主导地位。在风味品质方面,不同果型番茄的柠檬酸和苹果酸含量的变异系数较大,均超过 40%。在营养品质方面,樱桃果型番茄的维生素 C 含量、叶酸含量及 4 个营养品质指标(总糖、总酸、可溶性固形物和柠檬酸含量)的平均值均高于中、小果型。相关性分析结果表明,果实外观品质整体与营养品质呈显著负相关;风味品质除总酸含量与糖酸比呈极显著负相关外,其余性状都存在一定的正相关性;营养品质性状中维生素 C 含量与番茄红素含量的相关性不显著。通过主成分分析法与隶属函数法相结合进行综合评价,筛选出品质级别居上($X>0.6$)的材料 13 份,隶属函数值得分表明,樱桃果型番茄品质优于小果型番茄,而小果型番茄品质优于中果型番茄。综上,番茄果实中柠檬酸和苹果酸含量的变异系数较大,在品种选育过程中具有较大的选择空间;樱桃果型番茄果实品质综合评价优于中、小果型番茄。本研究结果可为番茄果实品质评价及品种改良提供理论依据。

关键词:番茄;品质评价;主成分分析;相关性分析;隶属函数

中图分类号:S641.2 文献标志码:A 文章编号:1673-2871(2026)01-039-16

Fruit quality analysis and comprehensive evaluation of 85 tomato germplasm resources with different fruit types

LI Ziwei, LÜ Xia, SU Tian, ZHANG Yinghua, XU Bin

(College of Landscape and Horticulture, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, Yunnan, China)

Abstract: Using 85 tomato germplasm resources with different fruit types as experimental materials, a systematic study was conducted on the fruit appearance quality, flavor quality, and nutritional quality. Multiple statistical methods, including correlation analysis, principal component analysis, and membership function method were employed to comprehensively evaluate the fruit quality. The results showed that in terms of appearance quality, medium-sized tomato exhibited rich variations in fruit shape, while small type and cherry type were mainly oblong, round and high round. The mature fruit color was dominated by red fruit. In terms of flavor quality, the content of citric acid and malic acid of different fruit types showed a large coefficient of variation, both of which were more than 40%. In terms of nutritional quality, the content of vitamin C, folic acid and the average content of 5 nutritional quality indicators in cherry fruit type tomato were all higher than those in medium and small fruit type. The results of the correlation analysis showed that the overall appearance quality of the fruit was significantly negatively correlated with the nutritional quality. Among the flavor qualities, all traits showed a certain positive correlation except for the relationship between total acid content and sugar-acid ratio. In nutritional quality traits, the correlation between vitamin C content and lycopene content was not significantly. Through comprehensive evaluation using principal component analysis combined with the membership function method, 13 materials with superior quality($X>0.6$) were selected. The membership function scores indicated that cherry fruit type tomato exhibited better quality than that of small fruit tomato, while small fruit tomato outperformed medium fruit tomato in quality. In conclusion, the large variation coefficient of citric acid and malic acid in tomato fruit provided significant selection

收稿日期:2025-06-11;修回日期:2025-08-21

基金项目:云南省高新技术发展专项(201805);云南省科技人才与平台计划(202205AF150017)

作者简介:李子薇,女,硕士,研究方向为蔬菜种质资源与遗传育种。E-mail:397836472@qq.com

通信作者:许彬,女,高级实验师,主要从事设施蔬菜研究与推广。E-mail:1650379536@qq.com

potential in breeding process. The comprehensive quality of cherry fruit type was superior to that of medium and small fruit type. The results of this study can provide a theoretical basis for the evaluation of tomato fruit quality and variety improvement.

Key words: Tomato; Quality evaluation; Principal component analysis; Correlation analysis; Membership function

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)是世界范围内广泛种植的茄科蔬菜作物之一^[1],其丰富的营养价值和独特的口感深受消费者喜爱,并在农业经济中占据重要地位。提升番茄果实品质对提高我国番茄产业经济效益和增强市场竞争力至关重要。因此,对不同类别番茄果实品质的全面分析和综合评价,可为番茄育种和栽培管理提供科学依据,对促进番茄产业的可持续发展具有重要意义。番茄果实品质是衡量其市场价值和消费者接受度的重要指标,涵盖外观、风味和营养等多个方面。颜培玉等^[2]研究表明,果形、果色等外观指标主要与品种特性有关。岳冬^[3]通过对番茄果实主要风味特征成分及品质形成机制研究发现,番茄的口感和风味主要取决于果实中糖和有机酸的含量,良好的风味品质由较高的糖含量和酸含量及适宜的糖酸比共同决定。齐红岩等^[4]研究发现,在番茄果实发育过程中,总糖含量在果实内各部分呈逐渐升高趋势,至果实成熟时达到峰值。有机酸对果实风味的影响尤为显著,约占果实风味的49%,糖分仅占25%^[5]。赵建涛等^[6]研究表明,在番茄品质评价中起决定性作用的物质主要为可溶性固形物(如果糖、葡萄糖),维生素C、苹果酸等,其中樱桃番茄与普通番茄光辉201的葡萄糖和苹果酸含量均显著高于其他普通番茄,这可能是其口感风味较优的关键因素。

由于果实品质涉及多项指标,单一性状和因素难以准确反映其优劣,传统的方差分析方法仅能分析单个性状差异,在品种评价中存在明显局限性,因此,多性状综合评价是作物育种和推广过程中的重要环节。目前蔬菜品质综合评价的方法主要是基于模糊隶属函数和主成分分析计算综合得分,刘淑梅等^[7]采用了模糊数学隶属函数法进行营养品质的评价,董琼等^[8]和李伟明等^[9]则运用主成分分析计算综合得分的方法,分别对不同种源树番茄和樱桃番茄果实品质进行综合评价。果实外观品质和内在品质的优劣直接决定了番茄整体质量和消费者购买意愿。随着我国番茄产业的发展,提升竞争力和品质已成必然趋势,目前现有番茄商业品种虽多,但综合品质优良的品种较少。尽管番茄品质评价已有一定的研究基础,但现有研究多局限于单一品质指标或特定果型,缺乏针对多果型资源的系统

性评价,制约了优质种质的筛选效率。鉴于此,笔者以85份不同果型的番茄种质资源为材料,测定其外观、风味及营养品质指标,分析各指标的变异系数及相关性,将主成分分析与隶属函数法结合,构建多维度综合评价体系,旨在探究果型与品质的关联性,筛选具有优良品质的番茄资源,以期番茄品质评价及品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试番茄种质资源共85份,均属于育种材料,由云南省滇台特色农业产业化工程研究中心(简称“滇台中心”)收集提供,材料编号及名称见表1。番茄材料种植于滇台中心塑料大棚内,该地位于云南省昆明市盘龙区云南农业大学内,海拔约1900 m,气候温和,年均温度16℃,年降水量约1 033.2 mm,试验所用塑料大棚为钢架结构大棚。

1.2 方法

1.2.1 番茄材料的栽培管理 试验于2023年4—9月在云南农业大学滇台特色农业产业化工程研究中心试验基地塑料大棚内开展。2023年4月16日,将85份番茄资源播种于育苗盘中,育苗盘规格为50孔,采用进口草炭基质、珍珠岩体积比3:1的比例混匀后,作为育苗基质填充到穴盘内;2023年5月20日,定植于塑料大棚内,85份材料按随机区组排列,3次重复,每个重复种植10株,株距30~40 cm,行距60 cm。植株生长期间进行常规水肥管理及病虫害防治,当无限生长型番茄长至40~50 cm时吊蔓,以维持番茄的直立生长。

1.2.2 果实品质相关指标的测定方法 果型分类根据中华人民共和国农业行业标准《番茄等级规范》^[10]以番茄横径作为划分规格的指标。果形、成熟果色、果顶形状、果面棱沟、果实横径、果实纵径、单果质量7个果实外观品质均参照《番茄种质资源描述规范和数据标准》^[11]进行测定并对质量性状指标进行分级赋值(表2),果实横径和纵径使用电子游标卡尺测量,单果质量使用HANGPING JA3003电子天平称量,果形指数通过商品果纵径/商品果横径计算得出。

每个小区随机选取5株,每株均采摘第3穗成

表1 供试验番茄材料编号及来源
Table 1 Number and source of tomato materials in the experiment

编号 No.	名称(中果型) Name (medium fruit type)	来源 Source	名称(小果型) Name (small fruit type)	来源 Source	编号 No.	名称(樱桃果型) Name (cherry fruit type)	来源 Source
D1	黄顶小番茄 Huangding small tomato	云南仟蔬农业科技 Yunnan Qianshu Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	紫圣果 Zishengguo	云南仟蔬农业科技 Yunnan Qianshu Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	X1	LV 小黄番茄 LV Small yellow tomato	云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University
D2	FM07	云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University	纯绿花生 Chunlühua sheng	寿光市冠禾农业科技 Shouguang Guanhe Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	X2	红花生柿子 Honghuashengshizi	寿光市冠禾农业科技 Shouguang Guanhe Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
D3	FQ-3	云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University	A36	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.	X3	F111	云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University
D4	巧克力番茄 Chocolate tomato	吉林省宏宇种业 Jilin Hongyu Seed Industry Co., Ltd.	紫圣女 Zishengnü	云南丘山农副 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.	X4	V48-1	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D5	黄蜜罐 Huangmiguan	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.	彩色花生 Caisehuasheng	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.	X5	黄葡萄 Huangputao	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D6	A324	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.	花皮球 Huapiqiu	云南丘山农副 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.	X6	金童樱桃 Jintongyingtao	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D7	红利 Hongli	云南丘山农副 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.	黄果小番茄 Huangguo small tomato	云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University	X7	V44	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D8	香蕉番茄 Banana tomato	公主岭市岭研科技 Gongzhuling Lingyan Technology Development Co., Ltd.	DGS8	云南仟蔬农业科技 Yunnan Qianshu Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	X8	乐禧小番茄 Lexi small tomato	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D9	黄芒果 Huangmangguo	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.	DGS9	云南仟蔬农业科技 Yunnan Qianshu Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	X9	003	云南丘山农副 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
D10	桔黄 F-1 Juhuang F-1	云南丘山农副 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.	小红圆 Xiaohongyuan	云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University	X10	草莓番茄 Strawberry tomato	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D11	令粉-1 Lingfen-1	云南丘山农副 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.	APT M	云南丘山农副 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.	X11	V64-1	寿光问天种业 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.

表 1 (续)
Table 1 (Continued)

编号 No.	名称(中果型) Name (medium fruit type)	来源 Source	名称(小果型) Name (small fruit type)	来源 Source	编号 No.	名称(樱桃果型) Name (cherry fruit type)	来源 Source
D12	黑鸡肝 Heijigan	云南仟蔬农业科技 Yunnan Qianshu Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	Z12	GS5 云南丘山农副产 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.	X12	黄玫瑰樱桃 Huangmeiguayingtao	寿光问天种业有 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D13	矮生小番茄 Aisheng small tomato	云南仟蔬农业科技 Yunnan Qianshu Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	Z13	红芒果 Hongmangguo	X13	红色精灵 Hongsejingling	寿光问天种业有 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D14	毛桃水果 Maotaoshuiguo	吉林省宏宇种业有 Jilin Hongyu Seed Industry Co., Ltd.	Z14	静兰 Jinglan	X14	红串 Hongchuan	云南丘山农副产 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
D15	白番茄 White tomato	寿光问天种业有 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.	Z15	黑樱桃 Heiyingtiao	X15	矮黄番茄 Aihuang tomato	云南丘山农副产 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
D16	粉牛人 Fenniuren	云南仟蔬农业科技 Yunnan Qianshu Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	Z16	盖州黄 Gaizhouhuang	X16	小紫先锋 Xiaozixianfeng	云南丘山农副产 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
D17	黑草莓 Heicaomei	寿光问天种业有 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.	Z17	FLC2	X17	FQ-4	云南农业大学滇 Yunnan Agricultural University
D18	黑皮中果 Heipizhongguo	云南丘山农副产 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.	Z18	A-101	X18	小黑长圆 Xiaohelchangyuan	云南农业大学滇 Yunnan Agricultural University
D19	美樱桃小番茄 Meiyingtiao small tomato	武定县奇珍农业 Wuding County Qizhen Agricultural Science and Technology Co., Ltd.	Z19	红秀女 Hongxiuniu	X19	GS22	云南丘山农副产 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
D20	岭研大紫 Lingyandazi	吉林省宏宇种业有 Jilin Hongyu Seed Industry Co., Ltd.	Z20	G23-1	X20	GS24	云南丘山农副产 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
D21	A327	寿光问天种业有 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.	Z21	V28	X21	短红 Duanhong	武定县奇珍农业 Wuding County Qizhen Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
D22	东北嘎拉果 Dongbeigalaguo	吉林省宏宇种业有 Jilin Hongyu Seed Industry Co., Ltd.	Z22	农友 NDM14 Nongyou NDM14	X22	黄千禧 Huangqianxi	寿光问天种业有 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
D23	FQD1	云南农业大学滇 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University	Z23	芒果蜜番茄 Manguommi tomato	X23	紫花生 Zihuasheng	寿光问天种业有 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.

表 1 (续)
Table 1 (Continued)

编号 No.	名称(中果型) Name (medium fruit type)	来源 Source	名称(小果型) Name (small fruit type)	来源 Source	编号 No.	名称(樱桃果型) Name (cherry fruit type)	来源 Source
D24	FQD11	云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University			Z24	黑珍珠 Heizhenzhu	寿光问天种业有限公司 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
					Z25	T001	云南丘山农副产品中心 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
				Z26	FQD12		云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University
X24					X24	黄金5号 Huangjin No. 5	云南丘山农副产品中心 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
X25					X25	黄串 Huangchuan	云南丘山农副产品中心 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
X26					X26	V47	寿光问天种业有限公司 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
X27					X27	F112	云南农业大学滇台中心 Yunnan-Taiwan Center, Yunnan Agricultural University
X28					X28	农友 NDM 黄 Nongyou NDM huang	武定县奇珍农业科技有限公司 Wuding County Qizhen Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
X29					X29	A3-1	寿光问天种业有限公司 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
X30					X30	V63-1	寿光问天种业有限公司 Shouguang Wentian Seed Industry Co., Ltd.
X31					X31	NDM12	武定县奇珍农业科技有限公司 Wuding County Qizhen Agricultural Science and Technology Co., Ltd.
X32					X32	黄冠二号 Huangguan No. 2	上海惠和种业有限公司 Shanghai Huihe Seed Industry Co., Ltd.
X33					X33	黄玲番茄 Huangling tomato	上海惠和种业有限公司 Shanghai Huihe Seed Industry Co., Ltd.
X34					X34	T020	云南丘山农副产品中心 Yunnan Qiushan Agricultural and Sideline Products Planting Co., Ltd.
X35					X35	黄樱桃-F Huangyingtao-F	武定县奇珍农业科技有限公司 Wuding County Qizhen Agricultural Science and Technology Co., Ltd.

表2 番茄质量性状分级标准
Table 2 Grading standard of quality characters of tomato

性状描述 Character description	观测方法 Observation method	赋值 Assign
果形 Fruit shape	目测直观法 Visual inspection and intuitive method	扁平=1, 扁圆=2, 圆=3, 高圆=4, 长圆=5, 卵圆=6, 桃形=7, 梨形=8, 长梨形=9, 南瓜形=10, 方灯笼形=11 Flat=1, Flat round=2, Round=3, High round=4, Long round=5, Oval=6, Peach-shaped=7, Pear-shaped=8, Long pear-shaped=9, Pumpkin-shaped=10, Square lantern-shaped=11
成熟果色 Ripe fruit color	目测直观法 Visual inspection and intuitive method	浅黄=1, 黄=2, 橘=3, 绿=4, 红=5, 深红=6, 暗红=7, 红褐色=8, 黄底绿条=9, 红底黄条=10, 红底绿条=11, 深红底绿条=12, 橘底红条=13, 红黑相间=14, 红绿相间=15, 橘绿相间=16 Light yellow=1, Yellow=2, Orange=3, Green=4, Red=5, Dark red=6, Kermesinus=7, Reddish-brown=8, Yellow background with green stripes=9, Red background with yellow stripes=10, Red background with green stripes=11, Dark red background with green stripes=12, Orange background with red stripes=13, Red and black alternating=14, Red and green alternating=15, Orange and green alternating=16
果顶形状 Fruit top shape	目测直观法 Visual inspection and intuitive method	深凹=1, 微凹=2, 圆平=3, 微凸=4, 凸尖=5 Deep concave=1, Slightly concave=2, Round flat=3, Slightly convex=4, Convex tip=5
果面棱沟 Fruit furrow	目测直观法 Visual inspection and intuitive method	无=1, 轻=2, 中=3, 重=4 None=1, Light=2, Medium=3, Heavy=4

熟番茄果实,每穗上选取外观大小相近的果实,中果型1个,小果型和樱桃果型2个,将其分别混合切碎后,用自封袋均匀分装成3份,液氮速冻,置于-80℃冰箱保存,用于测定风味品质指标和营养品质指标,每个指标测定均设置3次生物学重复。

采用 ATAGO 便携式手持糖酸仪(PAL-BXIAC-ID F5)测定总糖和总酸含量,以%表示;糖酸比=总糖含量/总酸含量;使用手持折光仪测定可溶性固形物含量。使用北京索莱宝科技有限公司柠檬酸(CA)含量检测试剂盒和苹果酸(MA)含量检测试剂盒分别测定柠檬酸和苹果酸含量。参照刘嘉祺等^[12]和黄艳勋^[13]的方法测定维生素C含量。使用上海优选生物科技有限公司植物ELISA检测试剂盒分别测定番茄红素、叶酸、叶黄素及γ-氨基丁酸含量^[14]。

1.3 数据分析

采用 Excel 整理试验数据,采用 SPSS 24.0 进行主成分分析,采用 Origin2024 进行相关性分析及热图制作。隶属函数法分析是利用公式 $U(X_{ij}) = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin})$ 计算出各果实成分指标的隶属函数值^[15],式中, $U(X_{ij})$ 为第*i*个品种的第*j*个指标的隶属函数值, X_{ij} 为第*i*个材料的第*j*个指标的测量值, X_{jmin} 为第*j*个指标在被测材料中的最小值, X_{jmax} 为第*j*个指标在被测材料中的最大值。

2 结果与分析

2.1 不同果型番茄种质资源果实外观品质比较

通过对不同果型番茄种质资源的果实外观品

质进行测定可以看出,各种质资源在外观品质上呈现出一定的差异。从质量性状频率分布中可以看出(表3),在果形上,中果型番茄展现出多样化形态,包括桃形、梨形、扁平形、扁圆形、高圆形、圆形、南瓜形、长圆形等8种果形,其中圆形、扁圆形和扁平形在总数中占较大比重;小果型番茄则包括长圆形、梨形、高圆形、卵圆形、扁圆形、圆形、方灯笼形等7种果形,以圆形和长圆形果最为普遍;樱桃果型番茄具有6种果形,分别为圆形、长圆形、高圆形、扁圆形、桃形和长梨形,其中以圆形果为主。在成熟期果实颜色上,中果型番茄呈现出浅黄、橘、红、红黑相间、黄底绿条等7种颜色,而小果型果色更为丰富,呈现出绿、黄、橘、红、暗红、橘绿相间、红底黄条等11种颜色,樱桃果型则包括浅黄、黄、红、深红、暗红、红底绿条等7种颜色,3种果型的番茄中,均以红色数量最多。在微凹、圆平、微凸、凸尖和深凹5种果顶形状中,中果型番茄5种果顶形状均有出现,而小果型和樱桃果型出现4种果顶形状,无深凹型资源;小果型以微凸型资源占据绝大多数,中果型和樱桃果型则以微凸型和圆平为主。在果面棱沟方面,中果型番茄中有9份资源出现果面棱沟,其中轻度5份、中度2份和重度2份;小果型中有4份资源出现果面棱沟,其中轻度3份、中度1份;樱桃果型中则仅有1份资源表现出轻度果面棱沟。此外,从表4可以看出,不同果型番茄果实数量性状多样性指数均>3,且除商品果横径外,其他性状变异系数均>20%,表明这些性状在遗传

表3 番茄质量性状频率分布
Table 3 Frequency distribution of quality traits in tomato

果型 Fruit type	性状描述 Character description	频率分布 Frequency distribution/%															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
中果型 Medium fruit type	果形 Fruit shape	20.83	20.83	25.00	8.33	12.50		4.17	4.17		4.17						
	成熟果色 Ripe fruit color	4.17		8.33		54.17				8.33	4.17				16.67	4.17	
	果顶形状 Fruit top shape	4.17	8.33	41.67	41.67	4.17											
	果面棱沟 Fruit furrow	62.50	20.83	8.33	8.33												
小果型 Small fruit type	果形 Fruit shape		3.85	30.77	15.38	38.46	3.85		3.85			3.85					
	成熟果色 Ripe fruit color		3.85	11.54	3.85	42.31		3.85	3.85		7.69	7.69		3.85	7.69		3.85
	果顶形状 Fruit top shape		7.69	11.54	65.38	15.38											
	果面棱沟 Fruit furrow	84.62	11.54	3.85													
樱桃果型 Cherry fruit type	果形 Fruit shape		2.86	57.14	11.43	22.86		2.86		2.86							
	成熟果色 Ripe fruit color	2.86	40.00			42.86	2.86	2.86				5.71	2.86				/
	果顶形状 Fruit top shape		5.71	40.00	40.00	14.29											
	果面棱沟 Fruit furrow	97.14	2.86														

表4 番茄果实外观数量性状比较分析
Table 4 Comparison analysis of appearance quantity traits of tomato fruits

果型 Fruit type	参数 Parameter	单果质量 Single fruit mass/g	商品果纵径 Fruit longitudinal diameter/mm	商品果横径 Fruit transverse diameter/mm	果形指数 Fruit shape index
中果型 Medium fruit type	最小值 Min	42.77	38.00	45.73	0.67
	最大值 Max	158.65	83.91	69.90	1.83
	平均值 Average	85.99	52.57	54.60	0.98
	标准差 Standard deviation	29.87	10.96	7.81	0.27
	变异系数 Coefficient variation/%	34.74	20.85	14.30	27.17
	多样性指数 Diversity Index	3.13	3.17	3.18	3.63
小果型 Small fruit type	最小值 Min	18.25	27.80	31.80	0.74
	最大值 Max	87.33	90.07	42.23	2.53
	平均值 Average	34.40	44.47	35.55	1.26
	标准差 Standard deviation	17.19	15.19	2.96	0.43
	变异系数 Coefficient variation/%	49.98	34.16	8.34	34.41
	多样性指数 Diversity Index	3.13	3.18	3.23	3.55
樱桃果型 Cherry fruit type	最小值 Min	3.56	16.27	18.30	0.79
	最大值 Max	30.12	48.60	29.90	1.80
	平均值 Average	14.14	30.89	26.00	1.20
	标准差 Standard deviation	5.46	7.15	3.29	0.28
	变异系数 Coefficient variation/%	38.62	23.13	12.66	23.50
	多样性指数 Diversity Index	3.52	3.55	3.57	3.94

上具有较丰富的多样性,且变异程度相对较大。对
各性状平均值、最大值、最小值、标准差、变异系数
以及多样性指数进行分析,可以看出供试验的番茄
资源在各样本间存在着明显差异,表现出较强的适
应性且遗传基因丰富。

2.2 不同果型番茄种质资源果实风味品质比较

2.2.1 不同中果型番茄果实风味品质比较 不同
果型番茄资源中总糖、总酸、可溶性固形物、柠檬酸
和苹果酸含量及糖酸比等关键风味品质指标上均
表现出明显差异。由表 5 可以看出,24 份中果型番
茄资源风味品质指标变异系数较大,均超过 14%,
其中以苹果酸含量的变异系数最大,高达 67.00%,
柠檬酸含量次之,变异系数为 58.44%。

在所测定的 6 个果实风味品质指标中,总糖含

量(w,后同)平均值为 6.36%,变幅为 4.60%~
8.40%,其中最高的是 D5 和 D12,最低的是 D13、
D17 和 D24,差异接近 2 倍;总酸含量平均值为
0.69%,变幅为 0.46%~0.99%,D10 总酸含量最高,
D17 最低,二者相差约 1 倍;糖酸比平均值为 9.38,
变幅为 7.06~12.35,最高的是 D16,最低的是 D2,且
有 10 份资源的糖酸比高于平均水平;可溶性固形物
含量平均值为 5.71%,变幅为 3.01%~8.72%,最高
的是 D22,约是最低 D3 的 3 倍;柠檬酸含量平均值为
6.30 mg·g⁻¹,变幅为 0.67~15.29 mg·g⁻¹,其中 D8
含量最高,D3 最低,约是最低的 23 倍,说明柠檬酸
含量在不同材料中差异巨大;苹果酸含量平均值为
0.27 mg·g⁻¹,变幅为 0.08~0.87 mg·g⁻¹,最高的 D12 约
是最低 D8 和 D10 的 11 倍。

表 5 中果型番茄果实风味品质比较

Table 5 Comparison of fruit flavor quality of medium fruit type tomato

编号 No.	w(总糖) Total sugar content/%	w(总酸) Total acid content/%	糖酸比 Sugar to acid ratio	w(可溶性固形物) Soluble solids content/%	w(柠檬酸) Citric acid content/(mg·g ⁻¹)	w(苹果酸) Malic acid content/(mg·g ⁻¹)
D1	5.80±0.46 fgh	0.60±0.05 ghij	9.61±0.10 def	4.52±0.07 l	6.33±0.11 g	0.15±0.01 k
D2	5.60±0.36 ghi	0.79±0.02 cd	7.06±0.40 m	4.96±0.08 ij	3.37±0.08 l	0.36±0.01 d
D3	5.00±0.17 hi	0.47±0.03 k	10.57±0.28 c	3.01±0.12 o	0.67±0.04 o	0.16±0.00 k
D4	6.40±0.56 defg	0.80±0.12 bcd	8.04±0.56 jkl	4.78±0.15 jl	6.11±0.09 gh	0.12±0.01 l
D5	8.40±0.70 a	0.89±0.07 abc	9.44±0.19 efg	6.54±0.10 d	7.44±0.07 e	0.41±0.00 c
D6	5.60±0.56 ghi	0.55±0.06 ijk	10.12±0.57 cde	6.68±0.10 d	6.19±0.09 gh	0.15±0.02 k
D7	7.00±0.56 d	0.77±0.09 de	9.13±0.59 fgh	3.99±0.09 n	1.72±0.02 n	0.24±0.02 h
D8	8.00±0.56 abc	0.70±0.04 defg	11.37±0.25 b	6.99±0.14 c	15.29±0.71 a	0.08±0.00 m
D9	6.90±0.53 de	0.90±0.04 ab	7.66±0.29 klm	5.99±0.19 ef	4.06±0.08 k	0.19±0.01 j
D10	8.20±0.62 ab	0.99±0.04 a	8.28±0.28 ijk	6.98±0.03 c	11.64±0.15 c	0.08±0.01 m
D11	5.30±0.6 hi	0.59±0.05 hij	8.97±0.46 fghi	4.78±0.02 jk	6.96±0.16 f	0.26±0.00 fgh
D12	8.40±0.70 a	0.71±0.07 defg	11.85±0.47 ab	7.17±0.13 c	8.55±0.21 d	0.87±0.01 a
D13	4.60±0.46 i	0.51±0.06 jk	9.03±0.21 fghi	5.18±0.12 h	5.70±0.11 i	0.21±0.01 i
D14	5.20±0.36 hi	0.70±0.06 defg	7.42±0.63 lm	5.03±0.05 hi	4.35±0.04 jk	0.25±0.00 gh
D15	6.00±0.53 efgh	0.68±0.02 efgh	8.81±0.55 ghi	6.01±0.10 ef	4.53±0.27 j	0.27±0.01 fg
D16	5.90±0.36 efgh	0.48±0.06 k	12.35±0.85 a	6.67±0.11 d	5.85±0.01 hi	0.13±0.01 kl
D17	4.60±0.70 i	0.46±0.05 k	9.97±0.36 cde	4.81±0.17 jk	8.58±0.03 d	0.31±0.02 e
D18	5.90±0.82 efgh	0.64±0.06 fghi	9.19±0.39 fg	4.69±0.16 kl	6.08±0.14 gh	0.37±0.01 d
D19	7.20±0.61 cd	0.69±0.08 defgh	10.46±0.35 c	5.58±0.13 g	2.43±0.15 m	0.12±0.00 l
D20	5.90±0.40 efgh	0.68±0.03 efgh	8.67±0.21 ghij	5.82±0.09 f	14.82±0.05 b	0.70±0.04 b
D21	6.70±0.44 def	0.73±0.04 def	9.17±0.17 fg	7.99±0.11 b	8.72±0.27 d	0.26±0.02 fgh
D22	8.20±0.61 ab	0.89±0.06 abc	9.21±0.30 fg	8.72±0.13 a	1.82±0.17 n	0.28±0.01 f
D23	7.30±0.36 bcd	0.71±0.05 defg	10.29±0.16 cd	6.06±0.13 e	4.61±0.00 j	0.28±0.03 f
D24	4.60±0.26 i	0.55±0.03 ijk	8.38±0.31 hijk	4.19±0.06 m	5.48±0.44 i	0.31±0.03 e
平均值 Average	6.36	0.69	9.38	5.71	6.30	0.27
标准差 Standard deviation	1.25	0.15	1.33	1.34	3.68	0.18
变异系数 CV/%	19.67	21.10	14.19	23.47	58.44	67.00

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.2.2 不同小果型番茄果实风味品质比较 由表6可以看出,26份小果型番茄资源风味品质指标变异系数较大,均超过22%,其中以苹果酸含量的变异系数最大,高达62.07%,柠檬酸含量次之,变异系数为50.23%。

在所测定的6个果实风味品质指标中,总糖含量平均值为6.99%,变幅为3.80%~10.50%,其中最高的是Z16,最低的是Z8,差异接近2倍;总酸含量平均值为0.64%,变幅为0.42%~1.09%,Z17的总酸含量最高,Z8最低,二者相差约1.6倍;糖酸比平均值为11.15,变幅为5.61~17.25,最高的是Z16,最低的是Z26,且有12份材料的糖酸比高于平均水平;可溶性固形物含量平均值为6.47%,变幅为1.31%~12.18%,最高的Z9是最低Z23的9倍之多;柠

檬酸含量平均值为6.77 mg·g⁻¹,变幅为1.07~14.83 mg·g⁻¹,其中Z17最高,Z15最低,二者相差约13倍;苹果酸含量平均值为0.27 mg·g⁻¹,变幅为0.06~0.70 mg·g⁻¹,最高的Z1约是最低Z7的12倍。

2.2.3 不同樱桃果型番茄果实风味品质比较 由表7可以看出,35份樱桃果型番茄资源风味品质指标变异系数较大,均超过24%,其中以苹果酸含量的变异系数最大,高达76.09%,柠檬酸含量次之,变异系数为40.51%。

在所测定的6个果实风味品质指标中,总糖含量平均值为8.02%,变幅为3.60%~11.70%,最高的是X13,最低的是X26,二者相差约2倍;总酸含量平均值为0.75%,变幅为0.44%~1.89%,其中X16最高,X25最低,二者相差约3倍;糖酸比平均值为

表6 小果型番茄果实风味品质比较
Table 6 Comparison of fruit flavor quality of small fruit type tomato

编号 No.	w(总糖) Total sugar content/%	w(总酸) Total acid content/%	糖酸比 Sugar to acid ratio	w(可溶性固形物) Soluble solids content/%	w(柠檬酸) Citric acid content/(mg·g ⁻¹)	w(苹果酸) Malic acid content/(mg·g ⁻¹)
Z1	6.30±0.42 hij	0.50±0.04 ij	12.80±0.59 e	5.87±0.07 k	8.73±0.11 f	0.70±0.01 a
Z2	8.00±0.46 cde	0.59±0.06 ghi	13.52±0.73 d	6.23±0.18 j	5.66±0.08 k	0.09±0.00 l
Z3	8.30±0.53 cd	0.74±0.03 bcd	11.21±0.31 g	6.23±0.17 j	1.91±0.12 p	0.16±0.02 j
Z4	6.70±0.56 ghi	0.66±0.04 defg	10.19±0.33 i	7.12±0.08 h	4.59±0.06 lm	0.20±0.01 i
Z5	7.70±0.53 def	0.60±0.04 fgh	12.76±0.16 e	7.98±0.06 e	7.92±0.34 gh	0.28±0.01 gh
Z6	6.00±0.20 ij	0.81±0.02 b	7.41±0.07 m	6.17±0.05 j	4.10±0.59 n	0.46±0.02 d
Z7	7.20±0.62 efgh	0.65±0.06 defg	11.03±0.38 gh	5.01±0.04 m	5.62±0.02 k	0.06±0.00 m
Z8	3.80±0.10 m	0.42±0.02 j	8.98±0.10 kl	4.02±0.03 o	7.10±0.41 i	0.12±0.01 k
Z9	5.80±0.26 jk	0.63±0.02 efgh	9.15±0.25 kl	12.18±0.09 a	2.20±0.06 o	0.11±0.00 kl
Z10	9.40±0.62 b	0.78±0.05 bc	12.05±0.12 f	10.45±0.08 b	10.79±0.02 c	0.30±0.02 g
Z11	8.80±0.10 bc	0.69±0.01 cdef	12.75±0.04 e	8.87±0.09 cd	8.86±0.08 f	0.15±0.03 j
Z12	8.20±0.10 cd	0.59±0.01 ghi	13.90±0.07 cd	8.97±0.07 c	9.65±0.25 d	0.11±0.01 kl
Z13	5.00±0.20 kl	0.58±0.02 ghi	8.62±0.05 l	4.34±0.12 n	8.10±0.01 g	0.10±0.00 kl
Z14	5.70±0.56 jk	0.54±0.04 hi	10.54±0.30 hi	5.34±0.11 l	4.64±0.03 l	0.21±0.02 i
Z15	7.30±0.26 efg	0.77±0.05 bc	9.49±0.23 jk	3.98±0.05 o	1.07±0.02 r	0.40±0.01 e
Z16	10.50±0.53 a	0.61±0.05 efgh	17.25±0.66 a	7.81±0.11 f	9.37±0.10 de	0.29±0.02 gh
Z17	7.50±0.61 defg	1.09±0.16 a	6.91±0.50 m	7.33±0.09 g	14.83±0.02 a	0.16±0.00 j
Z18	10.30±0.56 a	0.70±0.05 cde	14.73±0.36 b	6.98±0.08 h	11.16±0.03 b	0.27±0.03 h
Z19	5.70±0.61 jk	0.61±0.03 efgh	9.33±0.61 k	3.13±0.05 q	1.43±0.02 q	0.46±0.01 d
Z20	7.30±0.00 efg	0.77±0.00 bc	9.48±0.00 jk	6.65±0.07 i	4.34±0.02 mn	0.32±0.01 f
Z21	4.30±0.10 lm	0.43±0.02 j	10.09±0.27 ij	3.52±0.04 p	5.57±0.01 k	0.47±0.01 cd
Z22	8.20±0.78 cd	0.55±0.09 hi	15.00±0.89 b	8.81±0.05 d	10.72±0.02 c	0.17±0.01 j
Z23	4.30±0.26 lm	0.43±0.02 j	10.01±0.24 ij	1.31±0.09 r	4.05±0.11 n	0.28±0.01 gh
Z24	7.00±0.20 fgh	0.55±0.02 hi	12.81±0.07 e	7.01±0.04 h	7.77±0.04 h	0.15±0.01 j
Z25	7.90±0.70 de	0.55±0.05 hi	14.37±0.13 bc	7.93±0.07 ef	6.59±0.01 j	0.57±0.01 b
Z26	4.60±0.30 lm	0.82±0.06 b	5.61±0.06 n	4.88±0.08 m	9.32±0.12 e	0.49±0.01 c
平均值 Average	6.99	0.64	11.15	6.47	6.77	0.27
标准差 Standard deviation	1.79	0.15	2.76	2.40	3.40	0.17
变异系数 CV/%	25.66	22.85	24.73	37.07	50.23	62.07

11.08,变幅为4.66~18.20,最高的是X22,最低的是X16,且有17份资源的糖酸比高于平均水平;可溶性固形物含量平均值为7.47%,变幅为3.12%~11.04%,最高的X17是最低X29的约3.5倍;柠檬酸含量平均值为9.37 mg·g⁻¹,变幅为1.73~24.45 mg·g⁻¹,其中X32含量最高,X18最低,二者相差13倍;苹

果酸含量平均值为0.27 mg·g⁻¹,变幅为0.06~1.00 mg·g⁻¹,最高的X16约是最低X24的17倍。

2.3 不同果型番茄果实营养品质比较

85份不同果型番茄资源果实的营养品质测定结果如表8所示,在24份中果型番茄资源中维生素C含量平均值为11.96 mg·kg⁻¹,最高的是D19,

表7 樱桃果型番茄果实风味品质比较

Table 7 Comparison of fruit flavor quality of cherry fruit type tomato

编号 No.	w(总糖) Total sugar content/%	w(总酸) Total acid content/%	糖酸比 Sugar to acid ratio	w(可溶性固形物) Soluble solids content/%	w(柠檬酸) Citric acid content/(mg·g ⁻¹)	w(苹果酸) Malic acid content/(mg·g ⁻¹)
X1	8.80±0.30 efghi	0.79±0.04 defgh	11.15±0.18 gh	8.18±0.02 g	13.93±0.49 c	0.25±0.01 h
X2	10.20±0.60 bcd	0.69±0.07 jkl	14.83±0.64 b	8.12±0.08 g	7.96±0.02 p	0.25±0.02 gh
X3	9.20±0.40 ef	0.71±0.03 ghijkl	12.89±0.12 cd	8.79±0.06 f	10.64±0.02 g	0.64±0.02 c
X4	6.30±0.85 mn	0.84±0.11 cdef	7.50±0.06 op	4.99±0.22 q	14.16±0.45 c	0.28±0.01 g
X5	8.10±0.44 ijk	0.80±0.11 defg	10.20±0.83 jkl	9.21±0.10 e	10.23±0.33 h	0.23±0.01 hi
X6	10.20±0.10 bcd	0.79±0.03 defghi	12.97±0.29 cd	6.89±0.12 l	10.19±0.07 hi	0.16±0.02 k
X7	8.20±0.26 hijk	0.64±0.02 lmn	12.88±0.12 cd	7.11±0.08 jk	10.69±0.15 fg	0.13±0.02 l
X8	10.00±0.53 cd	0.88±0.07 cd	11.38±0.43 fg	9.89±0.14 c	5.85±0.07 tu	0.25±0.00 gh
X9	8.20±0.44 hijk	0.75±0.04 fghijk	10.98±0.16 ghi	7.73±0.05 i	5.10±0.08 v	0.31±0.01 f
X10	8.80±0.30 efghi	0.85±0.03 cde	10.35±0.01 ijk	7.76±0.09 i	7.21±0.36 qr	0.21±0.02 ij
X11	10.50±0.87 bc	0.85±0.06 cde	12.35±0.54 de	7.96±0.13 h	11.41±0.04 e	0.07±0.01 no
X12	6.70±0.53 lm	0.62±0.06 lmn	10.65±0.37 hij	6.72±0.04 m	9.73±0.22 jkl	0.18±0.04 jk
X13	11.70±0.56 a	1.34±0.11 b	8.73±0.37 n	10.43±0.15 b	9.63±0.11 klm	0.62±0.02 c
X14	7.80±0.00 jk	0.80±0.01 defg	9.79±0.07 kl	6.67±0.10 m	5.62±0.04 u	0.35±0.00 e
X15	4.10±0.79 qr	0.57±0.06 no	7.15±0.76 p	5.13±0.09 q	7.90±0.03 p	0.17±0.01 k
X16	8.80±0.26 efghi	1.89±0.03 a	4.66±0.08 r	6.47±0.07 n	11.98±0.05 d	1.00±0.03 a
X17	7.90±0.20 jk	0.77±0.02 efghij	10.30±0.07 ijkl	11.04±0.05 a	10.01±0.12 hij	0.26±0.01 gh
X18	9.60±0.44 de	0.77±0.04 efghij	12.47±0.27 de	7.89±0.08 hi	1.73±0.15 w	0.11±0.01 lm
X19	8.10±0.20 ijk	0.63±0.03 lmn	12.79±0.20 cd	6.98±0.05 kl	6.03±0.31 t	0.12±0.00 l
X20	8.90±0.36 efghi	0.58±0.03 mno	15.26±0.09 b	10.04±0.07 c	6.72±0.10 s	0.31±0.02 f
X21	5.20±0.36 op	0.80±0.03 defg	6.50±0.30 q	6.23±0.03 o	9.01±0.12 no	0.17±0.01 k
X22	9.10±0.26 efg	0.50±0.02 op	18.20±0.15 a	7.88±0.09 hi	7.29±0.02 qr	0.11±0.02 lm
X23	7.40±0.36 kl	0.65±0.04 lmn	11.39±0.20 fg	7.21±0.02 j	10.86±0.17 fg	0.17±0.01 k
X24	10.30±0.20 bcd	0.77±0.01 efghij	13.38±0.09 c	9.98±0.04 c	7.50±0.04 q	0.06±0.01 no
X25	6.40±0.10 mn	0.44±0.02 p	14.66±0.30 b	9.47±0.08 d	9.49±0.24 lm	0.23±0.02 hi
X26	3.60±0.26 r	0.45±0.06 p	8.05±0.55 o	4.72±0.05 r	7.31±0.07 qr	0.09±0.00 mn
X27	5.60±0.36 no	0.51±0.04 op	10.99±0.37 ghi	6.08±0.03 p	8.68±0.20 o	0.06±0.00 o
X28	11.00±0.53 ab	0.92±0.04 c	11.96±0.31 ef	9.08±0.05 e	15.20±0.10 b	0.31±0.02 f
X29	8.20±0.56 hijk	0.69±0.07 ijkl	11.85±0.36 ef	3.12±0.16 u	9.30±0.05 mn	0.21±0.01 ij
X30	8.60±0.82 fghij	0.67±0.05 klm	12.82±0.36 cd	7.19±0.09 j	8.68±0.02 o	0.18±0.00 jk
X31	4.80±0.20 pq	0.50±0.02 op	9.66±0.12 lm	3.76±0.05 t	6.98±0.05 rs	0.31±0.01 f
X32	8.30±0.20 ghij	0.91±0.02 c	9.12±0.02 mn	9.98±0.03 c	24.45±0.15 a	0.50±0.03 d
X33	6.30±0.70 mn	0.70±0.10 hijkl	8.99±0.45 mn	4.53±0.07 s	5.60±0.13 u	0.12±0.01 lm
X34	4.70±0.44 pq	0.44±0.03 p	10.68±0.65 hij	6.45±0.10 n	9.85±0.05 ijk	0.73±0.02 b
X35	9.00±0.26 efgh	0.87±0.07 cd	10.37±0.51 ijk	7.89±0.08 hi	10.99±0.52 f	0.25±0.03 gh
平均值 Average	8.02	0.75	11.08	7.47	9.37	0.27
标准差 Standard deviation	2.01	0.26	2.66	1.94	3.80	0.20
变异系数 CV/%	25.05	35.03	24.04	25.94	40.51	76.09

为 $20.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 26份小果型中维生素 C 含量平均值为 $17.15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 最高的是 Z18, 为 $43.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 且是 85 份不同果型番茄资源中维生素 C 含量最

高的, 35 份樱桃果型中维生素 C 含量平均值为 $23.80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 最高的是 X30, 为 $39.95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 85 份不同果型番茄资源中维生素 C 含量最低的是中

表 8 不同果型番茄果实营养品质比较

Table 8 Comparison of nutritional quality of tomato fruits of different fruit types

果型 Fruit type	编号 No.	w(维生素 C) Vitamin C content/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	w(番茄红素) Lycopene content/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	w(叶酸) Folic acid content/ ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)	w(叶黄素) Lutein content/ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	w(γ -氨基丁酸) γ -aminobutyric acid content/($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
中果型 Medium fruit type	D1	19.09±1.19 ab	4.12±0.03 abc	9.25±0.08 bc	1.80±0.02 ijkl	0.66±0.04 hijkl
	D2	12.53±1.19 d	2.95±0.01 h	4.63±0.16 i	2.37±0.11 cdefgh	0.96±0.02 def
	D3	12.57±2.20 d	3.80±0.08 cdef	9.02±0.72 c	2.53±0.19 bcdef	0.70±0.07 hijkl
	D4	9.16±1.19 fgh	3.00±0.36 h	9.92±0.21 ab	1.64±0.28 kl	0.71±0.07 hijk
	D5	9.20±0.23 fgh	3.48±0.12 fg	5.01±0.03 ghi	2.24±0.67 cdefghij	0.63±0.08 jkl
	D6	6.86±0.92 hi	4.40±0.02 a	9.44±0.35 bc	3.27±0.92 a	0.82±0.05 fghi
	D7	0.07±0.09 j	3.53±0.31 fg	10.18±0.67 a	2.28±0.08 cdefghij	1.22±0.01 ab
	D8	7.71±1.55 hi	4.08±0.09 abc	5.07±0.22 ghi	2.12±0.04 efg hijkl	1.34±0.20 a
	D9	7.94±0.62 ghi	3.81±0.17 cdef	5.09±0.15 ghi	1.59±0.10 l	0.91±0.06 efg
	D10	10.95±0.78 def	4.28±0.25 ab	6.37±0.20 e	1.73±0.15 jkl	0.57±0.04 kl
	D11	1.59±0.46 j	4.23±0.02 ab	10.57±1.09 a	3.05±0.17 ab	1.02±0.07 cde
	D12	17.11±0.96 bc	2.22±0.05 j	4.67±0.06 hi	2.34±0.07 cdefghi	0.69±0.15 hijkl
	D13	12.52±1.26 d	2.25±0.15 j	4.59±0.07 i	1.92±0.02 ghijkl	1.16±0.10 bc
	D14	10.08±0.45 efg	2.30±0.06 j	5.36±0.36 gh	2.47±0.31 cdefg	1.04±0.21 cde
	D15	18.68±2.27 abc	3.27±0.17 gh	9.18±0.16 c	1.82±0.22 hijkl	1.12±0.03 bcd
	D16	6.77±1.17 i	2.65±0.03 i	5.28±0.10 ghi	2.61±0.40 bcdef	0.78±0.01 ghij
	D17	19.30±0.10 ab	4.01±0.13 bcd	6.39±0.04 e	2.69±0.10 bcd	0.83±0.06 fgh
	D18	17.67±1.01 bc	3.94±0.26 bcde	6.03±0.02 ef	2.10±0.01 fghijkl	0.68±0.01 hijkl
	D19	20.47±1.37 a	4.18±0.41 ab	7.94±0.27 d	2.46±0.12 cdefg	0.82±0.12 fghi
	D20	12.58±3.34 d	4.39±0.04 a	5.60±0.17 fg	1.60±0.08 l	0.66±0.04 ijkl
	D21	12.98±1.45 d	3.64±0.04 ef	10.29±0.57 a	2.18±0.33 defghijk	0.54±0.04 l
	D22	16.40±0.20 c	3.73±0.40 def	9.32±0.08 bc	1.89±0.08 hijkl	1.03±0.06 cde
	D23	12.88±0.60 d	2.15±0.10 j	6.12±0.53 ef	2.69±0.28 bcde	0.88±0.05 efg
	D24	12.04±0.58 de	3.22±0.06 gh	8.09±0.39 d	2.80±0.16 abc	1.21±0.13 ab
	平均值 Average	11.96	3.49	7.23	2.26	0.87
	标准差 Standard deviation	5.36	0.74	2.15	0.46	0.23
小果型 Small fruit type	Z1	10.61±0.58 j	3.66±0.14 cd	8.02±0.47 efg	2.45±0.17 abcde	0.79±0.08 ghi
	Z2	11.51±1.41 hij	2.76±0.02 h	10.10±0.33 b	2.82±0.91 abc	0.63±0.02 j
	Z3	23.36±1.27 d	4.09±0.57 ab	10.47±0.46 b	1.84±0.04 de	0.60±0.02 j
	Z4	10.95±0.78 ij	3.11±0.10 e fgh	6.87±0.22 ijk	2.46±0.49 abcde	1.21±0.11 abc
	Z5	24.92±3.69 cd	2.31±0.07 i	6.35±0.03 jkl	3.10±0.08 a	0.94±0.04 efg
	Z6	6.37±1.47 l	3.64±0.17 cd	7.31±0.02 ghi	3.09±0.50 a	0.93±0.16 efg
	Z7	13.55±1.45 ghi	1.93±0.07 i	11.57±0.13 a	3.02±0.83 ab	0.62±0.05 j
	Z8	7.09±0.24 l	4.16±0.34 ab	9.18±0.70 cd	2.62±0.35 abcd	0.57±0.11 j
	Z9	9.99±0.29 jk	1.96±0.02 i	5.83±0.25 lm	2.94±0.13 ab	0.67±0.07 ij
	Z10	16.77±0.61 e	2.96±0.05 gh	11.50±0.98 a	2.45±0.31 abcde	1.29±0.13 a
	Z11	25.87±1.58 bcd	2.20±0.17 i	7.67±0.26 fghi	3.20±1.14 a	1.04±0.13 def
	Z12	6.61±1.10 l	2.86±0.14 h	8.54±0.64 de	2.88±0.08 abc	0.62±0.10 j
	Z13	13.92±3.61 fgh	4.18±0.08 ab	10.66±0.93 b	1.69±0.06 e	0.89±0.08 fg
	Z14	11.69±0.50 hij	3.08±0.04 fgh	7.74±0.20 e fgh	2.97±0.04 ab	0.69±0.02 hij
	Z15	14.05±0.08 fgh	3.05±0.03 fgh	7.45±0.23 ghi	2.33±0.04 abcde	0.59±0.02 j
	Z16	26.31±0.90 bc	4.34±0.26 ab	6.09±0.58 klm	3.10±0.80 a	0.84±0.04 gh
	Z17	15.30±2.37 efg	2.79±0.09 h	9.36±0.31 c	2.68±0.27 abcd	0.66±0.01 ij
	Z18	43.47±0.51 a	3.60±0.41 cd	10.32±0.49 b	1.67±0.02 e	1.02±0.07 def

表8 (续)
Table 8 (Continued)

果型 Fruit type	编号 No.	w(维生素 C) Vitamin C content/ (mg·kg ⁻¹)	w(番茄红素) Lycopene content/ (μg·g ⁻¹)	w(叶酸) Folic acid content/ (μg·g ⁻¹)	w(叶黄素) Lutein content/ (mg·g ⁻¹)	w(γ-氨基丁酸) γ-aminobutyric acid content/(mg·g ⁻¹)
	Z19	6.33±1.94 l	4.17±0.54 ab	4.65±0.07 n	2.02±0.24 cde	0.59±0.04 j
	Z20	24.77±1.61 cd	3.58±0.09 cd	6.22±0.59 jklm	3.10±0.97 a	0.55±0.06 j
	Z21	25.89±1.40 bcd	3.93±0.07 bc	5.46±0.08 m	2.42±0.21 abcde	1.36±0.08 a
	Z22	26.31±0.86 bc	3.37±0.02 defg	3.83±0.04 o	1.98±0.07 cde	1.25±0.15 ab
	Z23	16.60±1.64 ef	2.81±0.28 h	7.01±0.07 hij	3.25±0.42 a	0.55±0.01 j
	Z24	17.66±0.48 e	3.46±0.07 def	8.43±0.33 def	2.70±0.17 abcd	1.13±0.21 bcd
	Z25	28.49±0.71 b	4.41±0.63 a	8.33±0.78 ef	2.15±0.12 bcde	0.55±0.01 j
	Z26	7.54±0.44 kl	3.54±0.12 cde	7.45±0.22 ghi	2.70±0.02 abcd	1.08±0.04 cde
	平均值 Average	17.15	3.31	7.94	2.60	0.83
	标准差 Standard deviation	9.09	0.73	2.04	0.48	0.26
樱桃果型 Cherry fruit type	X1	20.66±0.49 ijk	1.94±0.03 r	4.71±0.35 mn	1.89±0.07 hijk	0.48±0.06 pqr
	X2	34.40±0.90 bc	3.75±0.07 cd	9.73±0.78 defg	2.38±0.06 defghij	0.61±0.04 mnopq
	X3	25.45±0.18 gh	2.93±0.38 jk	10.90±0.99 abc	2.62±0.08 abcdefgh	0.86±0.08 hijkl
	X4	20.99±3.50 ijk	3.03±0.13 ij	8.57±0.54 hi	1.85±0.10 ijk	0.88±0.10 ghijk
	X5	11.10±2.33 o	2.20±0.02 pq	8.78±0.16 gh	2.65±0.40 abcdefg	0.38±0.03 r
	X6	15.36±1.90 mn	3.22±0.01 ghi	4.95±0.10 mn	1.63±0.05 k	0.58±0.04 nopq
	X7	20.87±1.23 ijk	2.94±0.03 jk	6.96±0.37 jk	2.05±0.07 ghijk	0.47±0.04 qr
	X8	36.98±0.40 ab	3.52±0.01 def	5.62±0.11 lm	2.96±0.40 abcde	0.63±0.05 mnopq
	X9	37.06±1.39 ab	2.99±0.03 ijk	10.28±1.12 bcde	1.67±0.01 jk	0.62±0.03 mnopq
	X10	0.95±0.22 p	3.44±0.18 efg	10.72±0.52 abcd	2.54±0.19 abcdefghi	1.14±0.16 abcd
	X11	15.70±0.93 mn	3.55±0.04 def	11.22±0.92 ab	2.94±0.53 abcde	0.65±0.08 mnop
	X12	34.37±1.02 bc	1.92±0.06 r	10.99±0.95 ab	2.63±0.11 abcdefgh	0.93±0.10 efghij
	X13	16.53±2.28 lmn	2.43±0.02 nop	10.84±0.97 abc	1.92±0.16 ghijk	1.02±0.01 cdefghi
	X14	31.88±1.46 cd	2.02±0.06 qr	9.91±1.01 cdef	3.20±0.94 ab	0.88±0.10 ghijk
	X15	22.44±0.99 hij	2.47±0.09 no	6.53±0.16 kl	2.23±0.11 efghijk	0.99±0.02 defghi
	X16	24.26±1.43 hi	4.07±0.20 ab	6.35±0.11 kl	2.52±0.12 abcdefghi	1.24±0.05 ab
	X17	34.64±4.81 bc	2.33±0.06 op	10.96±0.47 ab	2.82±0.07 abcdef	1.30±0.04 a
	X18	31.55±0.29 cde	2.04±0.07 qr	7.51±0.20 j	3.26±0.69 a	1.06±0.10 cdef
	X19	14.57±1.13 mn	4.27±0.02 a	5.51±0.11 lm	2.23±0.05 efghijk	1.16±0.08 abcd
	X20	29.88±0.22 def	1.99±0.03 qr	7.54±0.34 j	3.01±0.41 abcd	0.74±0.05 klmn
	X21	13.04±0.03 no	2.75±0.16 klm	4.28±0.13 n	2.93±0.24 abcde	0.69±0.02 lmno
	X22	32.11±0.38 cd	3.10±0.25 hij	5.63±0.08 lm	2.52±0.27 abcdefghi	0.86±0.02 hijkl
	X23	14.93±0.15 mn	3.60±0.00 def	11.09±0.91 ab	2.13±0.15 fghijk	0.66±0.12 mno
	X24	23.51±1.49 hi	4.06±0.13 ab	8.80±0.44 gh	2.66±0.14 abcdefg	1.19±0.21 abc
	X25	32.61±2.68 cd	3.66±0.49 de	4.69±0.01 mn	2.52±0.23 abcdefghi	1.03±0.20 cdefgh
	X26	16.62±0.731 mn	2.91±0.18 jkl	6.30±0.05 kl	2.99±0.91 abcd	0.95±0.11 efghij
	X27	17.46±0.58 klm	2.59±0.15 mn	4.68±0.06 mn	1.92±0.08 ghijk	0.92±0.03 fghij
	X28	27.84±0.36 fg	2.47±0.03 no	9.43±0.97 efgh	2.45±0.29 cdefghi	0.78±0.04 jklm
	X29	21.66±1.65 ij	3.91±0.06 bc	7.77±0.25 ij	3.16±1.08 abc	1.10±0.19 bcde
	X30	39.95±0.29 a	4.28±0.16 a	11.54±0.07 a	2.48±0.04 abcdefghi	0.84±0.08 ijkl
	X31	17.74±1.22 klm	3.42±0.05 efg	9.22±0.67 fgh	2.01±0.02 ghijk	0.95±0.07 efghij
	X32	23.46±1.75 hi	2.68±0.05 lmn	4.66±0.01 mn	2.42±0.43 cdefghi	0.53±0.04 opqr
	X33	19.76±6.72 jkl	3.49±0.07 def	5.51±0.06 lm	2.96±0.22 abcde	0.95±0.16 efghij
	X34	24.27±1.64 hi	3.34±0.03 fgh	9.74±0.34 defg	2.19±0.32 fghijk	1.04±0.11 cdefg
	X35	28.32±2.76 efg	1.94±0.03 r	4.71±0.35 mn	1.89±0.07 hijk	0.48±0.06 pqr
	平均值 Average	23.80	3.07	7.95	2.47	0.86
	标准差 Standard deviation	8.80	0.72	2.41	0.45	0.23

注: 同列不同小写字母表示同一果型的不同品种在 0.05 水平差异显著。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different varieties of the same fruit type at 0.05 level.

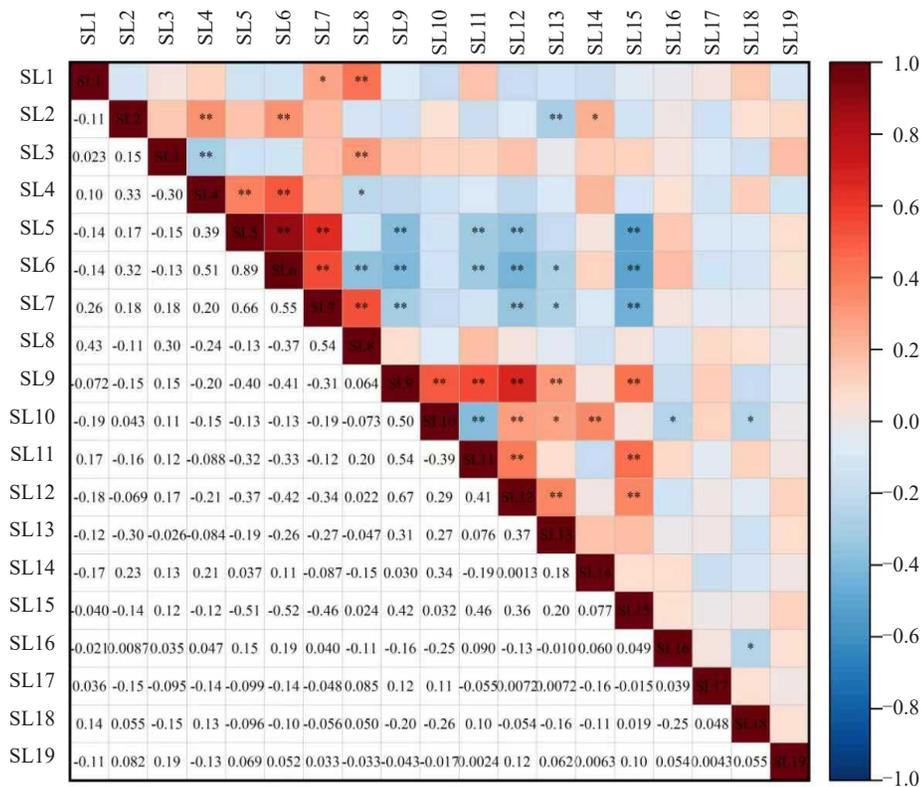
果型 D7, 仅有 $0.07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。中果型番茄和小果型番茄的番茄红素含量平均值高于樱桃果型番茄, 小果型 Z25 和中果型 D6 的番茄红素含量较高, 分别为 $4.41 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $4.40 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 樱桃果型 X12 的番茄红素含量最低, 为 $1.92 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。从叶酸和叶黄素含量测定结果来看, 樱桃果型番茄的叶酸含量高于中果型和小果型, 均值为 $7.95 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 小果型番茄的叶黄素含量高于中果型和樱桃型, 均值为 $2.60 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。小果型番茄 Z21 的 γ -氨基丁酸含量最高, 为 $1.36 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, 最低的是樱桃果型番茄 X5, 含量为 $0.38 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。综合果实营养品质指标平均含量来看, 樱桃果型番茄优于小果型番茄, 中果型番茄相对较差。

2.4 不同果型番茄果实品质性状相关性分析

对 85 份不同果型番茄资源果实品质指标进行相关性分析, 由图 1 可以看出, 果实品质之间具有较强的相关性。果实外观品质性状中果形和果顶

形状与果形指数呈极显著正相关; 成熟果色与果面棱沟、商品果横径呈极显著正相关; 果顶形状与果面棱沟呈极显著负相关; 商品果横径和纵径与单果质量呈极显著正相关; 果形指数与商品果横径呈极显著负相关, 与商品果纵径呈极显著正相关。果实风味品质性状中总糖含量与总酸含量、糖酸比、可溶性固形物含量、柠檬酸含量呈极显著正相关; 总酸含量与可溶性固形物含量、苹果酸含量呈极显著正相关, 与糖酸比呈极显著负相关; 糖酸比与可溶性固形物含量呈极显著正相关; 可溶性固形物含量与柠檬酸含量呈极显著正相关。果实营养品质性状中维生素 C 含量与番茄红素含量相关性不显著。

此外, 不同类型品质性状间也存在不同程度相关性, 其中总糖含量、可溶性固形物含量和维生素 C 含量与单果质量、商品果横径、商品果纵径呈极显著负相关; 糖酸比与单果质量、商品果横径呈极显



注: *表示在 0.05 水平显著相关; **表示在 0.01 水平极显著相关。SL1. 果形; SL2. 成熟果色; SL3. 果顶形状; SL4. 果面棱沟; SL5. 单果质量; SL6. 商品果横径; SL7. 商品果纵径; SL8. 果形指数; SL9. 总糖含量; SL10. 总酸含量; SL11. 糖酸比; SL12. 可溶性固形物含量; SL13. 柠檬酸含量; SL14. 苹果酸含量; SL15. 维生素 C 含量; SL16. 番茄红素含量; SL17. 叶酸含量; SL18. 叶黄素含量; SL19. γ -氨基丁酸含量。

Note: * represents significant correlation at 0.05 level; ** represents extremely significant correlation at 0.01 level. SL1. Fruit shape; SL2. Ripe fruit color; SL3. Fruit top shape; SL4. Fruit surface furrow; SL5. Single fruit mass; SL6. Transverse diameter of fruit; SL7. Longitudinal diameter of fruit; SL8. Fruit shape index; SL9. Total sugar content; SL10. Total acid content; SL11. Sugar-acid ratio; SL12. Soluble solids content; SL13. Citric acid content; SL14. Malic acid content; SL15. Vitamin C content; SL16. Lycopene content; SL17. Folate content; SL18. Lutein content; SL19. γ -aminobutyric acid content.

图 1 番茄各品质性状的相关性分析

Fig. 1 Correlation analysis of quality traits of tomato

著负相关;柠檬酸含量与成熟果色呈极显著负相关;维生素C含量与总糖含量、糖酸比、可溶性固形物含量呈极显著正相关。

2.5 不同果型番茄果实品质综合评价

2.5.1 不同果型番茄果实品质性状主成分分析
运用主成分分析进一步筛选出影响番茄果实品质的主要性状,在19个性状指标中共提取出7个特征值大于1的主成分(表9),累计方差贡献率为72.615%,能较好地反映出品质性状的大部分信息。

根据各性状的主成分载荷矩阵可以看出,第1主成分受商品果横径、单果质量、总糖含量、可溶性固形物含量、维生素C含量、商品果纵径、糖酸比、果面棱沟、柠檬酸含量等9个指标的共同影响;第2主成分中总酸含量、苹果酸含量和柠檬酸含量的正载荷较高,主要反映出果实的风味;第3主成分中商品果纵径、果形指数、果顶形状具有较高的正载荷,主要反映出果实的外观;第4主成分中维生素C含量、糖酸比、番茄红素含量的正载荷较高,而叶酸含量的负载荷较高,其中维生素C、番茄红素和叶酸含量这3个指标与果实营养品质相关;第5主成分中具有较高正载荷的是叶黄素含量;第6主成分具

有较高正载荷的是果面棱沟;第7主成分具有较高正载荷的是可溶性固形物含量和 γ -氨基丁酸含量。

由此可见,利用主成分分析法能够把多个指标转换为少数几个综合指标,上述7个主成分,已包含果实的外观品质、风味品质和营养品质。

2.5.2 不同果型番茄果实品质性状综合评价
根据主成分分析中筛选出的7个主成分,依据7个主成分因子得分,再结合模糊数学隶属函数对不同果型番茄果实品质进行综合评价,隶属函数值越大,表明综合品质越好。由表10可以看出,品质级别居上($D \geq 0.6$)的资源有13份;品质级别居中($0.4 \leq D < 0.6$)的资源有56份;品质级别居下($D < 0.4$)的资源有16份,其中 $D < 0.3$ 的资源有3份。

中果型番茄果实品质综合隶属函数值在0.287 1~0.623 8之间,其中隶属函数值得分最高的D12在不同果型番茄资源中排名第7,隶属函数值得分最低的D3排名第84;小果型番茄果实品质综合隶属函数值在0.285 3~0.622 6之间,其中隶属函数值得分最高的Z18在不同果型番茄材料中排名第8,隶属函数值得分最低的Z23排名第85;樱桃果型番茄果实品质综合隶属函数值在0.350 7~0.716 8之

表9 番茄果实品质指标的主成分分析
Table 9 Principal component analysis of quality indexes of tomato

品质指标 Quality index	主成分 Principal component						
	1	2	3	4	5	6	7
商品果横径 Fruit transverse diameter	-0.860	0.267	0.066	0.186	-0.121	0.153	0.214
单果质量 Single fruit mass	-0.818	0.146	0.166	0.091	-0.212	0.198	0.293
总糖含量 Total sugar content	0.737	0.178	0.233	0.114	0.023	0.385	0.264
可溶性固形物含量 Soluble solids content	0.690	0.199	0.159	0.221	0.039	0.142	0.374
维生素C含量 Vitamin C content	0.660	0.004	-0.160	0.389	0.042	-0.042	-0.144
商品果纵径 Fruit longitudinal diameter	-0.637	-0.393	0.557	0.046	-0.029	0.206	0.151
果面棱沟 Fruit furrow	-0.496	0.175	-0.259	0.311	0.332	0.462	0.007
柠檬酸含量 Citric acid content	0.435	0.332	0.044	-0.072	-0.219	0.277	-0.015
果形指数 Fruit shape index	0.140	-0.690	0.540	-0.112	0.103	0.111	-0.074
果形 Fruit shape	-0.033	-0.646	0.065	-0.071	0.194	0.297	-0.266
总酸含量 Total acid content	0.297	0.596	0.432	-0.420	0.191	0.120	0.019
苹果酸含量 Malic acid content	-0.037	0.555	0.216	0.170	0.296	0.049	-0.442
果顶形状 Fruit top shape	0.191	-0.109	0.688	0.274	0.046	-0.330	-0.146
糖酸比 Sugar to acid ratio	0.505	-0.408	-0.113	0.584	-0.082	0.269	0.183
叶酸含量 Folic acid content	0.133	-0.112	-0.042	-0.446	-0.237	-0.015	0.222
番茄红素含量 Lycopene content	-0.167	0.019	-0.060	0.412	-0.616	-0.032	-0.382
叶黄素含量 Lutein content	-0.037	-0.329	-0.423	-0.006	0.528	-0.213	0.271
成熟果色 Ripe fruit color	-0.354	0.227	0.198	0.355	0.499	-0.196	0.018
γ -氨基丁酸含量 γ -aminobutyric acid content	0.025	0.073	0.190	0.274	-0.141	-0.563	0.391
特征值 Eigenvalue	4.280	2.373	1.791	1.568	1.387	1.266	1.132
贡献率 Contribution rate/%	22.526	12.488	9.424	8.251	7.300	6.665	5.960
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	22.526	35.014	44.438	52.689	59.989	66.654	72.615

表 10 不同果型番茄果实品质综合评分
Table 10 Comprehensive score of fruit quality of tomato with different fruit types

编号 No.	隶属函数值(D) Membership function value	综合 排名 Rank	编号 No.	隶属函数值(D) Membership function value	综合 排名 Rank
X13	0.716 8	1	D10	0.479 6	44
X16	0.693 1	2	X4	0.477 5	45
X28	0.684 2	3	X34	0.477 1	46
X32	0.646 8	4	Z15	0.473 8	47
X8	0.643 3	5	Z1	0.464 6	48
X17	0.633 8	6	D23	0.461 6	49
D12	0.623 8	7	Z3	0.460 4	50
Z18	0.622 6	8	D21	0.458 9	51
Z10	0.616 0	9	Z2	0.452 5	52
Z16	0.614 2	10	D19	0.448 6	53
X2	0.612 3	11	X21	0.448 6	54
X20	0.610 5	12	D18	0.445 7	55
X3	0.603 8	13	X29	0.443 6	56
X24	0.598 8	14	X33	0.443 6	57
X22	0.598 1	15	Z6	0.440 5	58
Z11	0.597 5	16	D20	0.435 7	59
X1	0.596 3	17	D17	0.432 3	60
Z22	0.592 9	18	Z21	0.432 2	61
X18	0.589 1	19	X27	0.426 3	62
X35	0.582 5	20	Z26	0.414 1	63
X11	0.574 1	21	D4	0.412 2	64
Z5	0.568 6	22	D15	0.412 1	65
X9	0.552 3	23	D2	0.408 7	66
X6	0.550 9	24	Z14	0.402 3	67
X14	0.550 6	25	D9	0.401 4	68
X30	0.548 3	26	D14	0.400 6	69
Z25	0.545 8	27	D16	0.399 6	70
X7	0.543 9	28	X15	0.393 3	71
X25	0.541 3	29	D13	0.383 4	72
X5	0.540 9	30	Z7	0.380 7	73
X10	0.533 6	31	D7	0.369 3	74
Z9	0.530 5	32	X26	0.365 2	75
Z12	0.527 0	33	Z19	0.361 9	76
X19	0.519 9	34	D1	0.352 4	77
Z17	0.515 5	35	D6	0.352 1	78
X23	0.513 8	36	D24	0.351 2	79
D5	0.509 9	37	X31	0.350 7	80
D22	0.504 6	38	Z13	0.317 6	81
X12	0.500 7	39	D11	0.309 3	82
Z24	0.495 8	40	Z8	0.292 2	83
Z20	0.493 4	41	D3	0.287 1	84
Z4	0.489 2	42	Z23	0.285 3	85
D8	0.483 2	43			

间,其中隶属函数值得分最高的 X13 在不同果型番茄材料中排名第 1,隶属函数值得分最低的 X31 排名第 80。13 份优质资源中有 9 份为樱桃果型,3 份为小果型,1 份为中果型。综合来看,樱桃果型番茄品质优于小果型番茄,小果型番茄品质优于中果型番茄。

3 讨论与结论

笔者选取了 85 份不同果型的番茄种质资源作为研究对象,系统分析其外观品质、风味品质和营养品质。外观品质中,中果型番茄展现出多样化的果形,包括桃形、扁圆形等 9 种类型,而小果型和樱桃果型则以长圆形、圆形和高圆形为主。这一研究结果与番茄果实的遗传多样性和环境条件的复杂性密切相关。成熟果色以红色果实占据主导地位,但同时也存在橘黄、红黑相间、红底黄条等丰富的颜色,为番茄市场的多样化提供了丰富的资源。风味品质是决定番茄商品价值的关键因素之一,风味品质中,不同果型番茄的总糖、总酸、可溶性固形物、柠檬酸和苹果酸含量及糖酸比均表现出较大的变异系数,尤其是柠檬酸和苹果酸含量,变异系数均超过 40%,表明风味品质在选育过程中具有较大的选择空间。这与王娟等^[16]的研究观点一致,在变异系数大于 10%时,表示样本间差异较大,表明变异系数较大的性状指标在遗传改良中具有更大的潜力。营养品质中,不同果型番茄在维生素 C、番茄红素、叶酸、叶黄素和 γ -氨基丁酸等营养成分含量上存在明显差异。樱桃果型番茄在维生素 C 和叶酸含量等方面表现出明显优势,小果型番茄在叶黄素含量上表现优异,而中果型番茄的番茄红素和 γ -氨基丁酸含量相对较高,这与冀胜鑫等^[17]关于果型大小显著影响番茄果实品质并呈现规律性变化的研究结果相符。这一发现对番茄品种的营养评价与选育具有重要意义,可为培育满足不同需求的番茄品种提供理论依据。

此外,通过相关性分析发现,果实外观品质整体上与营养品质呈显著负相关,而风味品质除总酸含量与糖酸比呈极显著负相关外,其余性状都存在一定的正相关性,这与董琼等^[8]和贺朋飞等^[18]的研究结果基本一致。果实营养品质性状中维生素 C 含量与番茄红素含量相关性不显著,这与卢琦等^[19]的研究结果基本一致,表明这两种营养成分在番茄果实中的积累可能受不同遗传因子和环境因素的影响。

笔者筛选出的优质番茄种质资源中,13 份品质级别居上的番茄资源具有重要的育种价值。樱桃

果型番茄在风味与营养品质方面表现突出,其中 X13、X16、X28 和 X32 等资源的总糖、维生素 C 和叶酸含量较高,可作为高营养和风味品质番茄育种的亲本材料;小果型番茄中 Z18 等资源在风味品质上具有独特优势,可作为改善番茄风味的关键育种材料。中果型番茄中 D12 虽然综合品质表现中等,但其苹果酸含量在所有中果型中最高,具有一定的改良潜力,可作为改善大果风味的特异亲本材料。

在育种过程中,应充分利用不同果型番茄的品质特点,如樱桃果型番茄的高营养价值和优良风味、小果型番茄的商品性和突出风味,以及中果型番茄果形多样性的优势,构建多层次育种技术体系。对核心品质性状,可采用杂交育种结合分子标记辅助选择;对复杂代谢通路调控,可探索 CRISPR/Cas9 基因编辑技术。同时,还可建立专用型品种定向培育机制,在主产区推广兼具耐贮运性与风味品质的加工专用品种,在都市农业领域开发微型果实与观赏价值兼具的品种,在鲜食市场重点培育糖酸比优化的中大果型品种,通过精准定位满足多元化消费需求。

综上所述,笔者对 85 份番茄种质资源果实的外观品质、风味品质和营养品质进行了系统分析,并运用相关性分析、主成分分析、隶属函数法和聚类分析等多种统计方法对果实品质进行综合评价。结果表明,中果型番茄果形多样,小果型和樱桃果型以长圆形、圆形和高圆形为主;成熟果色则以红色果实占据主导地位。柠檬酸和苹果酸含量的变异系数较大,均超过 40%。樱桃果型番茄中维生素 C 含量、叶酸含量及 4 个营养品质指标(总糖、总酸、可溶性固形物和柠檬酸含量)的平均值均高于中、小果型番茄。根据隶属函数的评价结果,85 份番茄资源的果实品质可分为上、中、下 3 个级别,筛选出品质级别居上的资源 13 份,其中 X13、X16、X28、X32、X8 位居前五,均属于樱桃果型番茄,且从隶属函数值得分情况可以发现,樱桃果型番茄品质优于小果型番茄,小果型番茄品质优于中果型番茄。本研究结果可为今后番茄果实品质评价及品种选育提供一定的理论基础。

参考文献

- [1] BERGOUNOUX V. The history of tomato: From domestication to biopharming[J]. *Biotechnology Advances*, 2014, 32(1): 170-189.
- [2] 颜培玉,刘守伟,潘凯,等.不同植物生长调节剂对温室冬春茬番茄坐果率外观、品质及产量的影响[J]. *北方园艺*, 2017(15): 66-71.
- [3] 岳冬.番茄果实主要风味特征成分测定及品质形成机理研究[D].南京:南京农业大学,2015.
- [4] 齐红岩,李天来,邹琳娜,等.番茄果实不同发育阶段糖分组成和含量变化的研究初报[J]. *沈阳农业大学学报*, 2001(5): 346-348.
- [5] 徐明磊.番茄高可溶性固形物种质的创造及相关基因的差异表达研究[D].重庆:西南大学,2006.
- [6] 赵建涛,张静,张雅婷,等.红色和粉色樱桃番茄与大果番茄果实品质特性分析[J]. *食品科学*, 2016, 37(16): 135-141.
- [7] 刘淑梅,苏晓梅,刘磊,等.不同番茄品种的品质分析与评价[J]. *辽宁农业科学*, 2020(5): 21-23.
- [8] 董琼,李世民,高尚杰,等.不同种源树番茄果实品质比较及综合分析[J]. *食品与发酵工业*, 2022, 48(4): 266-273.
- [9] 李伟明,胡卫丛,李肖明,等.基于主成分分析和聚类分析对不同品种樱桃番茄生长及品质的综合评价[J]. *长江蔬菜*, 2022(10): 53-57.
- [10] 中华人民共和国农业部.番茄等级规范:NY/T 940—2006[S].北京:中国农业出版社,2006.
- [11] 李锡香,杜永臣,沈镡.番茄种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [12] 刘嘉祺,孙仁国.高效液相色谱法测定圣女果中维生素 C 的含量[J]. *中国食物与营养*, 2012, 18(7): 69-70.
- [13] 黄艳勋.高效液相色谱法测定蔬果中的维生素 C 含量[J]. *广东化工*, 2023, 50(17): 157-160.
- [14] 张黎凤,马天文,曹海燕.ELISA 法在植物检测中的应用研究及改进措施[J]. *现代农业科技*, 2016(24): 137-138.
- [15] 刘思恬.不同类型番茄果实品质分析与综合评价[D].兰州:甘肃农业大学,2023.
- [16] 王娟,李荫藩,梁秀芝,等.北方主栽燕麦品种种质资源形态多样性分析[J]. *作物杂志*, 2017(4): 27-32.
- [17] 冀胜鑫,李敬蕊,张斌,等.不同番茄品种果实品质差异初步分析[J]. *北方园艺*, 2021(1): 15-22.
- [18] 贺朋飞,陈丽芳,李成悦,等.43 个番茄品种的品质分析与评价[J/OL]. *分子植物育种*, 1-24[2025-05-25].<https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20240408.1746.007>.
- [19] 卢琦,梁燕.不同类型番茄品质性状遗传多样性及其相关性分析[J]. *东北农业大学学报*, 2020, 51(7): 27-36.