

制干枣种质资源果实品质综合评价

陈鑫如¹, 石美娟², 王亚兴¹, 任海燕², 薛晓芳², 苏万龙², 刘丽², 赵爱玲², 王永康², 李登科², 李毅²

(¹山西农业大学园艺学院, 晋中 030800; ²山西农业大学果树研究所/果树种质创制和利用山西省重点实验室, 太原 030031)

摘要: 为评价制干枣种质资源果实品质性状, 确定主要评价指标及判定标准, 筛选优异制干枣种质。本研究选取 197 份制干枣种质作为研究对象, 基于层次分析法对其物性、外观和内在品质多层次全方面分析评价, 从 22 项品质性状选取关键性指标, 构建综合评价体系; 采用层次分析与灰色关联度相结合的方法对干枣种质果实品质进行全面分析和综合评价, 并分别根据等权及加权关联度对其进行排序, 筛选优异制干枣种质。结果表明, 干枣种质果实品质间存在一定差异, 变异系数为 5.70%-68.40%; 品质性状各指标间存在不同相关性, 鲜枣果实粘附性与干枣果实咀嚼度呈显著负相关; 采用层次分析法构建了干枣种质果实品质综合评价模型, 结合相关性分析结果确定了评价干枣果实品质特性 7 项关键性状为主要评价指标; 依据层次分析法确定各评价指标权重后, 优化了灰色关联综合评价排名结果。采用层次-灰色关联分析结合的方式, 克服了优异制干枣种质在综合评价中漏选的弊端; 对 197 份枣种质进行了品质评价, 筛选出 15 份综合品质优异的制干枣种质。

关键词: 枣; 种质资源; 制干种质; 层次-灰色关联分析; 综合评价

Comprehensive Evaluation of Fruit Quality of Dried Jujube Germplasm Resources

CHEN Xinru¹, SHI Meijuan², WANG Yaxing¹, REN Haiyan², XUE Xiaofang², SU Wanlong², LIU Li²,
ZHAO Ailing², WANG Yongkang², LI Dengke², LI Yi²

(¹College of Horticulture, Agricultural University of Shanxi, Jinzhong 030800; ²Institute of Fruit Trees, Shanxi Agricultural University/Shanxi Key
Laboratory of Fruit Tree Germplasm Creation and Utilization, Taiyuan 030031)

Abstract: To evaluate dry jujube germplasm resources fruit quality, dry jujube germplasm main evaluation index and determination criteria, screening out excellent dry jujube germplasm, this study selected 197 dry jujube germplasm as a research object, based on the hierarchical analysis of the physical quality, appearance quality, and intrinsic quality multi-level analysis and evaluation, from 22 quality traits selected key index construction comprehensive evaluation system, using the method of combining hierarchical analysis and gray correlation of dry jujube germplasm fruit quality is a thorough analysis and comprehensive evaluation, and according

收稿日期: 2024-07-06

第一作者研究方向为枣种质资源创新与利用, E-mail: 2320207476@qq.com

通信作者: 王永康, 研究方向为枣种质资源创新与利用, E-mail: 274322374@qq.com

基金项目: 山西省科技重大专项计划揭榜挂帅项目资助 (202201140601027-4); 国家现代农业产业技术体系 (CARS-30-ZZ-22); 国家农作物种质资源保护和利用专项 (19230839); 科技部、财政部国家科技资源共享服务平台项目 (NHGRC2023-NH12-1)

Foundation projects: Shanxi Province Science and Technology Major Special Plan Unveiling Project Funding (202201140601027-4); Nation Modern Agricultural Industrial Technology System (CARS-30-ZZ-22); National Special Project for the Protection and Utilisation of Farming Species and Mass Resources (19230839); National Science and Technology Resource Sharing Service Platform Project of the Ministry of Science and Technology and the Ministry of Finance (NHGRC2023-NH12-1)

to the weight and weighted correlation, screening excellent dry jujube germplasm. The results show that there are some differences in physical quality, appearance quality, and internal quality traits, with a variation coefficient of 5.70% -68.40%; There are different correlations among quality traits. In the evaluation index, fruit adhesion and fruit quality are the main evaluation index by the correlation on the method of correlation. Using hierarchical-grey correlation analysis, the quality of 197 samples was evaluated and 15 samples with excellent comprehensive quality were selected.

Keywords: Chinese jujube; Germplasm resources; Dried germplasm; Hierarchy-grey association analysis; Comprehensive evaluation.

枣 (*Ziziphus jujuba* Mill.) 为鼠李科 (*Rhamnaceae*) 枣属 (*Ziziphus* Mill.) 植物, 是我国特色果树和重要生态经济林树种, 目前为第一大干果和第七大果树, 生产规模占全球 98% 以上^[1]。枣是重要的药食同源果品, 根据用途主要分为制干、鲜食和加工蜜枣三大类, 其中制干枣产量占比 70% 以上, 是枣产业健康可持续发展的重要组成部分。枣原产我国, 种质资源遗传多样性丰富, 《枣卷》^[2]记载的 700 个品种中可制干品种 383 个, 占 54%。因而筛选和利用好优异制干枣种质资源对于提升枣产业科技创新能力和高质量发展具有重要作用。

目前, 种质鉴定评价^[3-4]已有大量相关研究报道, 鲜枣果实品质评价^[5-8]研究相对较多, 但针对制干枣种质^[9-14]多为新疆地区引种栽培果实品质表现及在新疆不同地区品质评价研究。传统制干种质品质鉴定方法难以准确科学地综合评价干枣种质品质特性, 果实品质综合评价是通过选取能够反映评价对象的代表性指标, 经统计学分析对评价对象做出客观、准确、科学的评价。目前, 综合评价方法应用广泛, 包括灰色关联评价法^[15]、层次分析法^[16]、主成分分析法^[17-18]等, 其中, 层次分析法作为一种定性与定量结合、系统化、层次化的分析方法, 可将复杂问题分解, 适用于无法完全定量分析解决的难题, 是一种将个人主观判断进行定量化客观描述的方法^[19], 该方法在干枣种质果实品质评价方面还很少有报道。层次分析法可将感性判断转换为多个因素两两间的重要度比较上, 从而将定性判断量化, 将果实客观与感官评价相结合构建多目标综合评价体系, 使果实品质评价结果更全面客观。层次分析法无法体现指标之间的关联性, 可结合灰色关联度分析进行综合评价, 灰色关联度分析法是建立在多性状量化的基础上, 利用综合性状的全部优良信息, 得到理想性状作为同一对比标准, 通过计算关联系数、关联度, 最终根据关联度大小对评价对象进行排序^[15]。

本研究以大群体原始种质资源为试材, 对不同地区来源、不同类型干枣种质果实物性品质、外观品质和内在品质开展系统研究, 制定优质制干枣筛选的数据标准, 结合统计学方法对种质进行综合评价, 初步构建制干枣种质评价方法, 利用该方法对 197 份制干枣种质进行综合品质评价, 最终筛选出优异制干枣种质, 为优良制干枣种质精准鉴定和高效利用提供依据。

1 材料方法

1.1 试验材料

试验果实样品均采自国家枣种质资源圃（山西太谷），海拔 830 m，年均温 10.6 °C，无霜期 160-180 天，年降水量 400-600 mm，属典型黄土高原气候土壤生态条件。砧木为酸枣，树龄 10-15 年，常规田间管理水平。共采集 197 份枣种质，采样方法参照《枣种质资源描述规范和数据标准》进行^[20]。鲜果为脆熟期果实，采集后直接测定。干果采用人工晾晒和田间自然晾干相结合的方法进行处理。

1.2 试验方法

测试制干枣种质鲜果和干果两种状态的果实性状，包括外观品质及内在品质性状。测定方法和重复设置参照《枣种质资源描述规范和数据标准》进行^[20]。

果实物性品质包括硬度、黏附性、弹性、内聚性、胶着度、咀嚼度、回复性 7 项指标。利用英国 Stable Micro Systems 公司质构仪(TA. XT. plus)进行物性品质相关参数测定。随机选择果实样品去皮后置于载物台上进行 TPA 测试。测试时保持果实放置位置和方向不变，采用 Texture Expert 软件对测试曲线分析，获取数据项参数，每个样品重复 10 次。

1.3 数据处理

数量性状计算其最大值、最小值、平均值、标准差、变异系数，质量性状计算各性状频率。层次分析法权重系数的确定及加权灰色关联度的计算均参照张梅等^[11]的方法进行，采用 Excel 软件、SPSS、SPSSAU 和 GraphPad Prism 进行数据整理分析和作图。

2 结果与分析

2.1 干枣种质果实品质差异性分析

全部供试干枣种质果实品质性状统计分析结果（表 1、表 2）可知，14 个质量性状分级占比各不相同，其中果实外观多表现为赭红、卵圆形；果皮主要以皱缩、厚度中为主，果肉以软硬适中、弹性强、黏度适中、粗细厚度适中和果肉较致密为主，分别占 0.565、0.472、0.437、0.517、0.437 和 0.431；果实甜酸味以甜（0.522）、无酸味（0.857）为主。

表 1 干枣种质果实质量性状频数分析

Table 1 Frequency analysis of fruit quality traits in dried jujube germplasm

性状 Trait	性状分级 Grading of charater				
	1	2	3	4	5
果实颜色	浅红	红	赭红		
FC	(0.156)	(0.303)	(0.541)		
果皮平展度	皱缩	较平展	平展		
FFR	(0.619)	(0.324)	(0.057)		
果肉软硬	软	中	硬		
PSH	(0.319)	(0.565)	(0.116)		
果肉弹性	弱	中	强		

PE	(0.167)	(0.361)	(0.472)		
果肉粘度	小	中	大		
PV	(0.197)	(0.437)	(0.366)		
果肉厚度	薄	中	厚		
PUT	(0.187)	(0.456)	(0.357)		
果皮厚度	薄	中	厚		
PET	(0.335)	(0.367)	(0.298)		
果肉紧密度	疏松	较致密	致密		
PC	(0.243)	(0.431)	(0.326)		
果肉粗细	细	中	粗		
PF	(0.286)	(0.517)	(0.197)		
果实甜味	无	微甜	甜	极甜	
FS	(0.067)	(0.218)	(0.522)	(0.193)	
果实酸味	无	微酸	酸	极酸	
FST	(0.857)	(0.106)	(0.037)	(0.000)	
果实形状	圆形	卵圆形	长圆形	倒卵圆形	圆柱形
FS	(0.159)	(0.336)	(0.205)	(0.145)	(0.155)
口感评价	极差	差	中	好	极好
TE	(0.005)	(0.065)	(0.365)	(0.461)	(0.104)
外观评价	极差	差	中	好	极好
AE	(0.000)	(0.091)	(0.456)	(0.419)	(0.034)

注：FC：果实颜色；FFR：果皮平展度；PSH：果肉软硬；PE：果肉弹性；PV：果肉粘度；PUT：果肉厚度；PET：果皮厚度；PC：果肉紧密度；PF：果肉粗细；FS：果实甜味；FST：果实酸味；FS：果实形状；TE：口感评价；AE：外观评价。

Note: FC: Fruit color; FFR: Peel flat range; PSH: Pulp soft and hard; PE: Pulp elasticity; PV: Pulp viscosity; PUT: Pulp thickness; PET: Peel thickness; PC: Pulp compactness; PF: Pulp fineness; FS: Fruit sweet; FST: Fruit sour taste; FS: Fruit shape; TE: Taste evaluation; AE: Appearance evaluation.

表 2 干枣种质果实数量性状描述统计分析

Table 2 Description and statistical analysis of the quantitative trait data in dried jujube germplasm

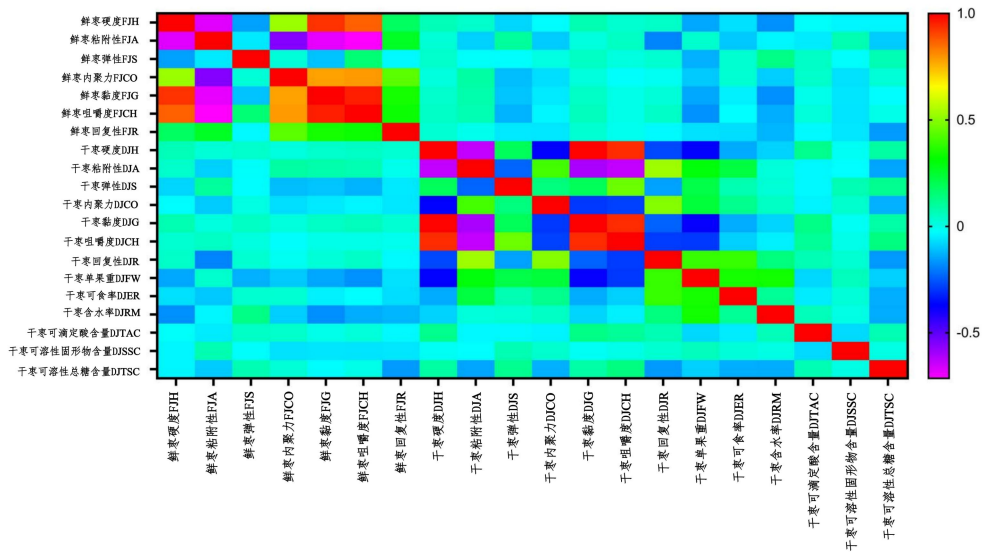
性状 Trait	最大值 Max.	最小值 Min.	均值 Mean	标准差 SD.	变异系数 CV.
硬度 Hardness/N	4690.293	413.320	1347.244	829.655	0.616
粘附性 Adhesiveness/(N · S)	-0.179	-395.657	-41.148	61.175	-1.487
弹性 Springiness/mm	1.513	0.696	0.923	0.140	0.152
内聚力 Cohesiveness	0.863	0.591	0.744	0.042	0.057
黏度 Gumminess/N	3307.814	300.526	982.403	570.090	0.580
咀嚼度 Chewiness	4074.490	282.741	938.070	641.925	0.684
回复性 Resilience	0.465	0.132	0.237	0.050	0.210
单果重 Fruit weight/g	15.668	1.990	6.146	2.536	0.413
含水率 Fruit water content/%	43.830	11.434	24.942	6.879	0.276
可食率 Edibility ratio/%	100	95.530	94.089	7.212	0.077
可滴定酸 Titratable acid content	1.204	0.383	0.999	0.079	0.079
可溶性固形物 Soluble solid content/%	72.000	36.000	63.680	8.756	0.138
可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	80.260	22.271	45.387	10.522	0.232

13 个数量性状变异系数为 5.70%-68.40%。在果实外观品质方面，干枣果实单果重、含水率、可食率变异系数分别为 41.30%、27.60%、7.70%；在果实内在品质方面，可溶性固形物含量、可溶性糖含量、可滴定酸含量变异系数分别为 13.80%、23.20%、7.90%；在果实物性品质方面，果实咀嚼度变异系数最大，为 68.40%，其次是果实硬度（61.60%）、果实黏度 58.00%，果实内聚力变异系数最小，为 5.70%。以上说明干枣果实品质性状存在不同程度的差异性，筛选优异制干枣种质需进一步综

合评价分析。

2.2 枣种质果实品质相关性分析

鲜枣与干枣果实物性品质相关性分析，结果（图 1）可知，鲜枣果实硬度、内聚力、黏度、咀嚼度彼此之间呈极显著相关，回复性与粘附性、内聚力、黏度、咀嚼度呈极显著正相关；鲜枣粘附性与干枣咀嚼度呈显著负相关，粘合度是反映咀嚼果肉时，果肉对口腔接触面粘着性质，粘附性越低，果肉咀嚼度越高。可知，鲜枣与干枣物性品质存在关联性，可进一步探究鲜枣粘附性对干枣咀嚼度的预测能力。



注：FJH：鲜枣硬度；FJA：鲜枣粘附性；FJS：鲜枣弹性；FJCO：鲜枣内聚力；FJG：鲜枣黏度；FJCH：鲜枣咀嚼度；FJR：鲜枣回复性；DJH：干枣硬度；DJA：干枣粘附性；DJS：干枣弹性；DJCO：干枣内聚力；DJG：干枣黏度；DJCH：干枣咀嚼度；DJR：干枣回复性；DJFW：干枣单果重；DJER：干枣可食率；DJPM：干枣含水率；DJTAC：干枣可滴定酸含量；DJSSC：干枣可溶性固形物含量；DJTSC：干枣可溶性总糖含量。下同。

Note: FJH: Fresh jujube hardness; FJA: Fresh jujube adhesiveness; FJS: Fresh jujube springness; FJC: Fresh jujube cohesiveness; FJG: Fresh jujube gummiiness; FJC: Fresh jujube chewiness; FJR: Fresh jujube resilience; DJH: Dried jujube adhesiveness; DJA: Dried jujube adhesiveness; DJS: Dried jujube springness; DJC: Dried jujube cohesiveness; DJG: Dried jujube gummiiness; DJC: Dried jujube chewiness; DJR: Dried jujube resilience; DJFW: Dried jujube Fruit weight; DJER: Dried jujube edibility ration; DJPM: Dried jujubr percentage of moisture; DJTAC: Titratable acid conten; DJTAC: Dried jujube soluble solid content; DJTSC: Dried jujube Total soluble sugar content. The same as below.

图 1 枣种质资源果实品质数量性状相关性热图

Figure 1 Heat map of correlation of quantitative traits in dried jujube fruit

对干枣果实品质 13 项指标进行相关性分析（表 3），结果可知，干枣果实硬度、粘附性、弹性、内聚力、黏度、咀嚼度、回复性、单果重彼此之间存在不同程度相关性；含水率与硬度、粘附性、黏度、回复性、单果重之间存在不同程度相关性；可食率与单果重呈极显著正相关，与回复性呈显著正相关；可溶性糖含量与粘附性、回复性均呈显著负相关，与咀嚼度呈显著正相关。以上说明干枣果实属性与理化成分之间存在相互作用，因这些相关性的存在，直接利用品质性状对果品状况进行综合评价将会产生信息重叠，可导致评价结果出现偏差。从相关性分析结果可知，干枣果实品质性状指标间存在高度相关性，可对品质性状指标进行筛选，简化评价指标体系。

表 3 枣种质果实品质性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis of fruit quality traits in jujube germplasm

指标 Index	干枣可溶性糖含量 DJTSC	干枣可食率 DJER	干枣含水率 DJPM	干枣单果重 DJFW	干枣回弹性 DJR	干枣咀嚼度 DJCH	干枣黏度 DKG	干枣内聚力 DJCO	干枣弹性 DJES	干枣黏附性 DJA	干枣硬度 DJH	干枣回弹性 FJR	干枣咀嚼度 FJCH	干枣黏度 FJG	干枣内聚力 FJCO	鲜枣弹性 FJS
鲜枣硬度 FH	-0.04	-0.022	-0.07	-0.145	0.043	0.032	0.076	-0.031	-0.083	0.039	0.066	0.183	0.870**	0.930**	0.522**	-0.155
鲜枣黏附性 FJA	-0.098	-0.054	-0.101	0.037	0.051	-0.193*	0.014	-0.099	0.103	-0.089	0.025	0.265**	-0.715**	-0.683**	-0.553**	-0.057
鲜枣弹性 FJSS	0.07	0.046	0.033	-0.133	0.032	0.011	0.048	0.008	-0.031	-0.022	0.039	-0.036	0.157	-0.109	0.021	1
鲜枣内聚力 FICO	0.027	0.038	0.03	-0.101	-0.014	-0.026	0.016	-0.073	-0.117	0.091	0.015	0.436**	0.790**	0.781**	1	
鲜枣黏度 FIG	-0.032	-0.002	-0.049	-0.146	0.022	0.001	0.046	-0.056	-0.107	0.081	0.039	0.343**	0.957**	1		
鲜枣咀嚼度 FJCH	0.002	0.021	-0.038	-0.176	0.044	0.001	0.057	-0.041	-0.13	0.076	0.047	0.328**	1			
鲜枣回弹性 FJR	-0.162	-0.036	-0.074	-0.068	-0.034	-0.006	0.029	-0.061	-0.058	-0.005	0.031	1				
干枣硬度 DJH	0.095	0.125	-0.141*	-0.375**	-0.276**	0.94**	0.995**	-0.371**	0.193**	-0.632**	1					
干枣黏附性 DJA	-0.149*	-0.039	0.226**	0.298**	0.528**	-0.635**	-0.604**	0.405**	-0.235**	1						
干枣弹性 DJES	0.119	-0.039	0.077	0.215**	-0.153*	0.460**	0.195**	0.142*	1							
干枣内聚力 DJCO	-0.133	-0.045	0.125	0.234**	0.493**	-0.287**	-0.297**	1								
干枣黏度 DJG	0.09	0.133	-0.140*	-0.380**	0.240**	0.941**	1									
干枣咀嚼度 DJCH	0.140*	0.107	-0.042	-0.296**	-0.292**	1										
干枣回弹性 DJR	-0.163*	0.071	0.386**	0.389**	1											
干枣单果重 DJF	-0.091	-0.08	0.338**	0.342**	1											
干枣含水率 DJF	-0.137	-0.053	0.095	1												
干枣可食率 DJER	-0.151	0.086	1													
干枣可滴定酸含量 DJACT	0.072	1														
干枣可溶性固形物含量 DJSSC	0.007															
干枣可溶性糖含量 DJTSC	1															

** 在 0.01 级别 (双尾), 相关性显著, * 在 0.05 级别 (双尾), 相关性显著。

** Significant correlation at 0.01 (two-tailed), * Significant correlation at 0.05 (two-tailed).

2.3 干枣果实品质性状综合评价模型的建立

根据干枣果实品质的测试指标特性，采用层次分析法，将果实物性品质、外观品质和内在品质多指标相结合，构建评价模型，模型分3层由22项评价指标构成（表4）。

表4 干枣种质果实品质评价分层结构模型

Table 4 A hierarchical structure model for fruit quality evaluation of dried jujube germplasm

目标层 Target layer	准则层 Criterion layer	指标层 Index layer
果实品质 Jujube fruit quality	物性品质 外观品质 内在品质	硬度、粘附性、弹性、内聚力、黏度、咀嚼度、回复性 单果重、果实形状、果实颜色、果皮平展度 果皮厚度、果肉厚度、果肉粗细、果肉紧密度、果实甜味、果实酸味、可食率、含水率、可滴定酸、可溶性固形物含量、可溶性糖含量

在准则层中物性品质、外观品质和内在品质3大类指标间依据1-9标度法^[16]建立判别矩阵及计算指标权重。干枣果实品质因素准则层判别矩阵及一致性检验结果见表5。由表可知，在准则层中，果实内在品质是最基本的品质指标，影响干枣果实食用口感及销售地位，因此处于优先级；其次是果实外观品质，在满足消费者基本需求上，影响干枣果实经济效益；果实物性品质是侧面反映果实口感及储运，处于第3位。

表5 干枣种质果实品质因素准则层判别矩阵及一致性检验结果

Table 5 Level termination matrix and consistency test results of fruit quality factors of dried jujube germplasm

指标类型 Indicator type	物性品质 Material quality	外观品质 Exterior quality	内在品质 Internal quality	权重 Weight	CR值 CR price	一致性检验结果 Results of the consistency test
物性品质 Material quality	1.000	0.500	0.333	16.378%		
外观品质 Exterior quality	2.000	1.000	0.500	29.726%	0.009	通过
内在品质 Internal quality	3.000	2.000	1.000	53.896%		

干枣果实品质指标层判别矩阵及一致性检验结果见表6、表7、表8。由表可知，在果实外观品质中，单果重、果皮平展度是较重要指标，单果重影响干枣果实的市场竞争力，果皮平展度是干枣果实美观度的评判指标，因此两者可作为外观品质评价的主要指标；在果实物性品质中，咀嚼度是在质构仪模拟牙齿咀嚼过程中代表性指标，其重要性占首位，可综合反映果实品质胶着性及弹性，因此可作为物性品质的主要评价指标之一，其次是硬度，是最直接反应口感的一项指标；在果实内在品质中，果实甜味占主导地位，是口感评判干枣果实品质的最直接品质，这与实际相符合，因此在内在品质评价准则中为最重要品质，其次是可溶性糖含量、可溶性固形物含量和可食率，权重值分别为0.18276、0.12613和0.09104，可溶性糖含量和可溶性固形物是反映干枣果实口感的重要营养品质，可食率可反映食用部分的大小及比例。

表6 干枣种质果实品质性状指标层判别矩阵及一致性检验结果

Table 6 Level termination matrix and consistency test results of fruit quality traits of dried jujube germplasm

外观品质指标 Appearance quality index	单果重 Fruit weight	果实形状 Fruit shape	果实颜色 Fruit color	果皮平展度 Peel flat range	权重(%) Weight
单果重 Fruit weight	1.000	5.000	2.000	1.000	35.461
果实形状 Fruit shape	0.200	1.000	0.250	0.200	6.492
果实颜色 Fruit color	0.500	4.000	1.000	0.333	18.586
果皮平展度 Peel flat range	1.000	5.000	3.000	1.000	39.461

一致性检验结果通过；下同

The consistency test results are passed; The same as below

表 7 干枣种质果实品质性状指标层判别矩阵及一致性检验结果

Table 7 Level termination matrix and consistency test results of fruit quality traits of dried jujube germplasm

物性品质指标 Material quality index	硬度 Hardness	粘附性 Adhesiveness	弹性 Springiness	内聚力 Cohesiveness	黏度 Gumminess	咀嚼度 Chewiness	回复性 Resilience	权重 Weight
硬度 Hardness	1.000	5.000	2.000	3.000	1.000	0.167	5.000	15.391%
粘附性 Adhesiveness	0.200	1.000	0.333	3.000	1.000	0.143	3.000	7.640%
弹性 Springiness	0.500	3.000	1.000	5.000	1.000	0.125	1.000	10.008%
内聚力 Cohesiveness	0.333	0.333	0.200	1.000	0.250	0.125	0.333	3.069%
黏度 Gumminess	1.000	1.000	1.000	4.000	1.000	0.200	3.000	10.544%
咀嚼度 Chewiness	6.000	7.000	8.000	8.000	5.000	1.000	8.000	48.012%
回复性 Resilience	0.200	0.333	1.000	3.000	0.333	0.125	1.000	5.336%

注：一致性检验结果通过。

Note: The consistency test results are passed.

表 8 干枣种质果实品质性状指标层判别矩阵及一致性检验结果

Table 8 Level termination matrix and consistency test results of fruit quality traits of dried jujube germplasm

内在品质指标 Intrinsic quality index	果皮厚度 Peel thickness	果肉粗细 Pulp fineness	果肉厚度 Pulp thickness	果肉紧密度 Pulp compactness	果实甜味 Fruit sweet taste	果实酸味 Fruit sour taste	可食率 Edibility ratio	含水率 Fruit water content	可滴定酸含量 Titratable acid content	可溶性固形物含量 Soluble solid content	可溶性糖含量 Soluble sugar content	权重 Weight
果皮厚度 Peel thickness	1.000	0.500	2.000	0.333	0.250	0.333	0.333	2.000	0.500	0.333	0.250	3.868%
果肉粗细 Pulp fineness	2.000	1.000	3.000	0.500	0.333	2.000	0.500	2.000	0.500	0.500	0.250	6.254%
果肉厚度 Pulp thickness	0.500	0.333	1.000	0.250	0.200	0.200	0.250	0.500	0.500	0.500	0.200	2.720%
果肉紧密度 Pulp compactness	3.000	2.000	4.000	1.000	0.333	0.500	0.500	4.000	3.000	0.333	0.250	8.493%
果实甜味 Fruit sweet taste	4.000	3.000	5.000	3.000	1.000	3.000	3.000	5.000	5.000	3.000	1.000	20.640%
果实酸味 Fruit sour taste	3.000	0.500	5.000	2.000	0.333	1.000	0.500	2.000	1.000	0.500	0.333	7.506%
可食率 Edibility ratio	3.000	2.000	4.000	2.000	0.333	2.000	1.000	4.000	0.500	0.500	0.250	9.104%
含水率 Fruit water content	0.500	0.500	2.000	0.250	0.200	0.500	0.250	1.000	0.333	0.333	0.250	3.206%
可滴定酸含量 Titratable acid content	2.000	2.000	2.000	0.333	0.200	1.000	2.000	3.000	1.000	0.333	0.500	7.319%
可溶性固形物含量 Soluble solid content	3.000	2.000	2.000	3.000	0.333	2.000	2.000	3.000	3.000	1.000	1.000	12.613%
可溶性糖含量 Soluble sugar content	4.000	4.000	5.000	4.000	1.000	3.000	4.000	4.000	2.000	1.000	1.000	18.276%

注：一致性检验结果通过。

Note: The consistency test results are passed.

根据准则层在目标层中的权重和各指标在准则层中的权重（图 2）。对于干枣种质果实品质指表权重进行排序（表 9），22 项综合评价指标中，确定了干枣种质果实品质 15 项评价指标，其权重值由大到小排列顺序为咀嚼度、果皮平展度、单果重、果实甜味、果实颜色、可溶性糖含量、硬度、可溶性固形物含量、黏度、弹性、可食率、果肉紧密度、粘附性、果实酸味、可滴定酸含量。结合相关性分析结果，可将制干枣品质评价指标简化为：咀嚼度、单果重、硬度、果皮平展度、果实颜色、可溶性糖含量、可溶性固形物含量。

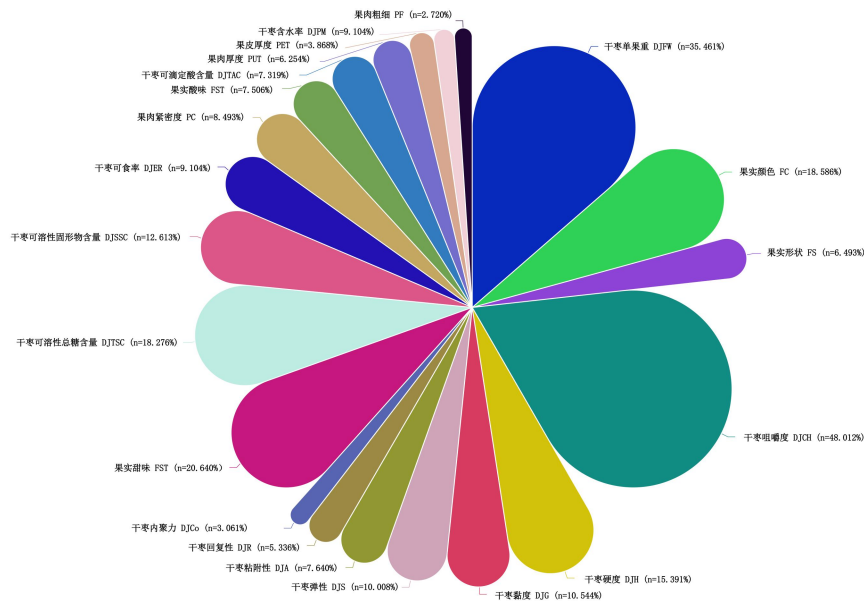


图 2 指标层在目标层中的权重值及占比饼图

Figure 2 The weight value and proportion pie chart of the index layer in the target layer

表 9 干枣种质果实品质指标在目标层中的权重及排序

Table 9 Weight and ranking of fruit quality index of dried jujube germplasm in the target layer

指标层 Index layer	目标层中的权重 Water in the target layer	位次 Ranking	指标层 Index layer	目标层中的权重 Water in the target layer	位次 Ranking	指标层 Index layer	目标层中的权重 Water in the target layer	位次 Ranking
果皮平展度 Peel flat range	0.39461	2	咀嚼度 Chewiness	0.48012	1	果实甜味 Fruit sweet taste	0.20640	4
单果重 Fruit weight	0.35461	3	硬度 Hardness	0.15391	7	可溶性糖含量 Soluble sugar content	0.18276	6
果实颜色 Fruit color	0.18586	5	黏度 Gumminess	0.10544	9	可溶性固形物含量 Soluble solid content	0.12613	8
果实形状 Fruit shape	0.06492	16	弹性 Springiness	0.10008	10	可食率 Edibility ratio	0.09104	11
			粘附性 Adhesiveness	0.07640	13	果肉紧密度 Pulp compactness	0.08493	12
			回复性 Resilience	0.05336	18	果实酸味 Fruit sour taste	0.07506	14
			内聚力 Cohesiveness	0.03069	21	可滴定酸含量 Titratable acid content	0.07319	15
						果肉厚度 Pulp thickness	0.06254	17
						果皮厚度 Peel thickness	0.03868	19
						含水量 Percentage of moisture	0.03206	20
						果肉粗细 Pulp fineness	0.02720	22

2.4 干枣种质果实品质综合评价

灰色关联分析法用于评分值与参考值的相似程度，进而针对评价项进行评价。本研究依据统计分析干枣果实品质性状结果及太谷壶瓶枣、交城骏枣、稷山板枣、宝德油枣、延川狗头枣传统制干种质各指标平均值确定为参考值（表 10、表 11）。

表 10 枣种质果实品质评判标准

Table 10 Dried jujube germplasm and fruit quality evaluation criteria

性状 Trait	中等 Secondary	较好 Preferably	极好（参数值） Excellent (parameter value)
果实形状 Fruit shape	卵圆形	长圆形	圆柱形
果实颜色 Fruit color	浅红	红	赭红

果皮平展度 Peel flat range	皱缩	较平展	平展
果皮厚度 Peel thickness	厚	中	薄
果肉厚度 Pulp thickness	薄	中	厚
果肉弹性 Pulp elasticity	弱	中	强
果肉粘度 Pulp viscosity	小	大	中
果肉软硬 Pulp soft and hard	硬	软	中
果肉粗细 Pulp fineness	粗	中	细
果肉紧密度 Pulp compactness	疏松	较致密	致密
果实甜味 Fruit sweet	微甜	甜	极甜
果实酸味 Fruit sour taste	酸	微酸	无

表 11 干枣种质果实品质评判标准
Table 11 Dried jujube germplasm and fruit quality evaluation criteria

性状 Trait	太谷壶瓶枣 Taigu poy bottle jujube	交城骏枣 Hand over city jun jujube	稷山板枣 Jishan plate jujube	保德油枣 Prudential oil jujube	延川狗头枣 Yanchuan dog head jujube	平均值 (参数值) Mean value (parameter value)
硬度 Hardness/N	1203.677	1475.105	1616.815	1182.209	1087.052	1312.971
粘附性 Adhesiveness/(N·S)	-12.585	-19.437	-6.495	-23.814	-11.360	-14.738
弹性 Springiness/mm	0.896	0.932	0.895	0.955	0.953	0.926
内聚力 Cohesiveness	0.732	0.725	0.761	0.821	0.780	0.764
黏度 Gumminess/N	875.448	1063.462	1223.441	977.552	839.513	995.883
咀嚼度 Chewiness	782.222	994.796	1179.504	931.547	824.329	942.479
回复性 Resilience	0.206	0.203	0.239	0.358	0.236	0.248
单果重 Fruit weight/g	4.578	9.074	6.598	6.588	5.596	6.487
含水率 Fruit water content/%	13.869	16.484	27.079	28.972	30.940	23.469
可食率 Edibility ratio/%	96.214	95.739	96.544	94.809	92.709	95.203
可滴定酸 Titratable acid content	1.006	1.012	0.872	1.016	0.968	0.975
可溶性固形物 Soluble solid content/%	70.000	72.000	70.000	69.000	76.000	71.400
可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	54.442	57.167	56.220	55.860	64.600	57.658

针对数据进行标准化、无量纲化处理，分辨系数取 0.50，各评价指标等权关联，通过比较等权关联度大小，得到综合评价排名结果，根据层次分析确定的各品质评价指标权重值，计算获得干枣种质果实品质的加权灰色关联度排名（表 12）。由表可知，等权排名前 15 名枣种质分别为稷山板枣、赞宝、交城骏枣、襄汾官滩王、北京太子枣、太谷壶瓶枣、金谷大枣、河曲小油枣、延川狗头枣、宝德油枣、灵武长枣、灰枣新 1 号、长红 1 号、神木方头枣、临县长木枣-1；加权排名前 15 名枣种质分别为交城骏枣、太谷壶瓶枣、稷山板枣、灵武长枣、延川狗头枣、金谷大枣、赞宝、宝德油枣、晚脆蜜、河曲小油枣、北京太子枣、中阳木枣、新郑灰枣、官滩 2 号、赞皇大枣。

表 12 干枣种质果实品质性状灰色关联分析结果
Table 12 Results of grey association analysis of dried jujube germplasm

种质名称 Germplasm name	等权关联度 Isobar correlation degree	排名 ranking	加权关联度 Weighting Correlation degree	排名 ranking	种质名称 Germplasm name	等权关联度 Isobar correlation degree	排名 ranking	加权关联度 Weighting Correlation degree	排名 ranking
稷山板枣	0.9938	1	0.9858	3	河北紫枣	0.8946	100	0.9604	95
赞宝	0.9925	2	0.9846	7	侯马小脆枣	0.8946	101	0.9263	182
交城骏枣	0.9919	3	0.989	1	新郑长鸡心	0.8944	102	0.9584	104
襄汾官滩王	0.9912	4	0.9800	22	封丘蚂蚁枣	0.8943	103	0.9593	100
北京太子枣	0.9905	5	0.9842	11	灰枣枝变 1 号	0.8924	104	0.9562	111
太谷壶瓶枣	0.9900	6	0.9860	2	圆铃 2 号	0.8912	105	0.9580	107
金谷大枣	0.9891	7	0.9847	6	漯河大灵枣	0.8911	106	0.9564	109
河曲小油枣	0.9886	8	0.9843	10	濉溪苹果枣	0.8901	107	0.9594	99
延川狗头枣	0.9812	9	0.9848	5	乐金 4 号	0.8883	108	0.9643	79
保德油枣	0.9809	10	0.9845	8	曲阜猴头枣	0.8883	109	0.9531	120
灵武长枣	0.9809	11	0.9856	4	富平鸡蛋枣	0.8875	110	0.9590	102
灰枣新 1 号	0.9806	12	0.9801	26	平遥半截枣	0.8852	111	0.9581	106
长红 1 号	0.9806	13	0.9755	36	兰溪团枣	0.8847	112	0.9510	130

神木方头枣	0.9803	14	0.9781	31	枣庄大铃枣	0.8841	113	0.9601	97
临县长木枣-1	0.9785	15	0.9821	16	鲁枣4号	0.8832	114	0.9560	113
睢县小酥枣	0.9780	16	0.9815	20	福州圆白枣	0.8821	115	0.9544	114
官滩1号	0.978	17	0.9819	17	鲁枣11号	0.8802	116	0.953	121
晚脆蜜	0.9780	18	0.9844	9	临县大木枣-4	0.8798	117	0.9461	137
官滩2号	0.9767	19	0.9828	14	星光	0.8797	118	0.9561	112
荥阳枣	0.9750	20	0.9817	18	襄汾早熟官滩	0.8795	119	0.9600	98
杜村蘑菇枣	0.9730	21	0.9640	81	定襄羊粪蛋	0.8789	120	0.9540	116
太谷木枣	0.9686	22	0.9794	28	中秋贡1号	0.8789	121	0.9513	128
定襄崖枣	0.9680	23	0.9760	33	枣庄大果长红	0.8783	122	0.9525	122
鲁枣3号	0.9669	24	0.9791	29	泗洪木枣	0.8781	123	0.9470	134
大果壶瓶酸	0.9645	25	0.9816	19	怀来枣	0.8780	124	0.9533	118
盐山六月红	0.9633	26	0.9770	32	临县佻枣	0.8780	125	0.9532	119
临县础础枣	0.9628	27	0.9603	96	榆次狗牙枣	0.8779	126	0.9523	123
临县牛心脆	0.9611	28	0.9804	23	运城婆婆枣	0.8775	127	0.9570	108
柯城酸枣	0.961	29	0.9802	24	镇平九月寒	0.8773	128	0.9522	124
榆次酸牙枣	0.9594	30	0.9711	46	金丝4号	0.8749	129	0.9472	133
延川老牙酸枣	0.9593	31	0.9813	21	乐陵无核2号	0.8743	130	0.9521	126
临县扁枣	0.9592	32	0.9641	80	枣庄长红枣	0.8723	131	0.9511	129
太谷小圆枣	0.9587	33	0.9733	41	朝阳木枣	0.8712	132	0.9383	160
枣庄甜脆枣	0.9573	34	0.9800	27	临县翁翁枣	0.8708	133	0.9441	142
朝阳晚枣	0.9572	35	0.9820	34	新郑红1号	0.8695	134	0.9521	125
灵武圆枣	0.9566	36	0.9758	35	淳安白皮马枣	0.8693	135	0.9401	156
永城水枣	0.9563	37	0.9803	25	彬县马牙枣	0.8686	136	0.9480	132
泗洪大团枣	0.9554	38	0.972	44	京枣31	0.8650	137	0.9430	148
临县牛奶奶枣	0.9551	39	0.9737	48	襄汾葫芦枣	0.8647	138	0.9435	144
宁陵大糠枣	0.9532	40	0.9688	58	高唐陵枣	0.8644	139	0.9462	136
固镇枣-1	0.9750	41	0.9750	37	东平枣	0.8628	140	0.9443	141
早熟躺枣	0.9528	42	0.9786	30	中枣3号	0.8613	141	0.9411	152
黄骅无核枣	0.9509	43	0.9710	47	泗洪大枣	0.8601	142	0.9404	154
沧县无核枣	0.9509	44	0.9732	49	靖远小口大枣	0.8593	143	0.9413	151
舞钢枣-1	0.9465	45	0.9740	38	金丝小枣	0.8589	144	0.9452	139
定襄黑腰子枣	0.9447	46	0.9713	45	留坝木子枣	0.8581	145	0.9450	140
临县黄瓜枣	0.9429	47	0.9738	40	平陆屯屯枣	0.8579	146	0.9460	138
洪泽区枣	0.9407	48	0.9671	66	临县毛枣	0.8567	147	0.9342	169
鄆陵鸡蛋枣	0.9397	49	0.9739	39	荏平圆铃枣	0.8566	148	0.9433	146
圆丰	0.9379	50	0.9685	60	新郑红2号	0.8561	149	0.9463	135
繁昌长枣	0.9368	51	0.9721	43	如东酥小枣	0.8560	150	0.9520	127
濉溪疙瘩枣	0.9357	52	0.9694	55	泗洪大木枣	0.8550	151	0.9400	157
鲁枣7号	0.9349	53	0.9691	56	临县梗枣	0.8550	152	0.9260	184
鲁枣12号	0.9343	54	0.9728	50	滨湖牛奶枣	0.8548	153	0.9500	131
金丝丰	0.9341	55	0.9700	54	广宗早熟紫枣	0.8499	154	0.9391	159
泗洪沙枣	0.934	56	0.9714	53	泗洪上塘枣	0.8493	155	0.9311	175
枣庄小铃枣	0.9335	57	0.973	42	稷山梅花枣	0.8490	156	0.9440	143
乐金2号	0.9326	58	0.9683	61	六安红珍珠枣	0.8481	157	0.9331	171
研金1号	0.9326	59	0.9664	70	仲秋红	0.8480	158	0.9394	158
义乌尖头马枣	0.9318	60	0.9630	84	鲁枣5号	0.8467	159	0.9380	163
临圆红	0.9279	61	0.9662	72	迎白露	0.8465	160	0.9421	149
临县蛮枣	0.9275	62	0.9672	65	泗洪长枣	0.8451	161	0.9434	145
漯河石炭枣	0.9273	63	0.9725	51	诸暨白蒲枣-2	0.8448	162	0.9361	166
新星	0.927	64	0.9673	64	临县甜酸枣	0.8440	163	0.9410	153
泗洪圆枣	0.927	65	0.961	93	淳安大头马枣	0.8398	164	0.9382	161
淳安胡桃枣	0.9263	66	0.9644	78	临县大木枣-2	0.8395	165	0.9360	167
彬县红瓶枣	0.9257	67	0.9665	69	永济蛤蟆枣	0.8393	166	0.9431	147
乐陵无核小枣	0.9241	68	0.9631	83	佳县灰蛋蛋枣	0.8392	167	0.9420	150
兰考铃子枣	0.9238	69	0.9661	73	运城相枣	0.8385	168	0.9403	155
临颍灵枣	0.9221	70	0.9622	87	盱眙酸枣	0.8382	169	0.9293	178
临县无核小枣	0.9201	71	0.9666	68	淳安马鞭枣	0.8375	170	0.9350	168
金丝3号	0.9199	72	0.9690	57	凤台小铃枣	0.8357	171	0.9381	162
长垣枣	0.9187	73	0.9653	75	新郑八月炸	0.8354	172	0.9370	164
稷山鸡心枣	0.9169	74	0.9722	52	宿城长枣	0.8351	173	0.9313	174
灵璧铃枣	0.9166	75	0.9687	59	泗洪大圆红	0.8349	174	0.9211	187
平谷蜜枣	0.9166	76	0.9681	62	临县虎枣	0.8348	175	0.9364	165
盱眙木刀枣	0.9148	77	0.9663	71	临县长木枣-2	0.8332	176	0.9320	173
平陆娃娃枣	0.9133	78	0.9670	67	兰州圆枣	0.8327	177	0.9340	170
中阳木枣	0.9132	79	0.9841	12	蓟县脆枣	0.8321	178	0.9310	176
新郑灰枣	0.9112	80	0.983	13	荏平长枣	0.8308	179	0.9261	183
研金2号	0.9105	81	0.9605	94	泗阳枣	0.8269	180	0.9290	180
旌德芮枣	0.9092	82	0.9591	101	神木大团枣	0.8268	181	0.9300	177
延川大白枣	0.9073	83	0.968	63	泰安大脆枣	0.8263	182	0.9270	181
临县大木枣-3	0.9072	84	0.9651	76	稷山水枣	0.8253	183	0.9330	172
阜宁枣	0.9065	85	0.9623	86	孔府酥脆枣	0.8234	184	0.9230	186

阜宁木枣	0.9041	86	0.965	77	冷四	0.8234	185	0.9210	188
朝阳无核枣	0.9036	87	0.9624	85	雨虹	0.8234	186	0.9250	185
熊岳霜打红	0.9026	88	0.9613	91	淮格尔胖头枣	0.8219	187	0.9292	179
朝阳没心枣	0.9026	89	0.9660	74	大荔蜂蜜罐	0.8216	188	0.9170	192
定襄小团枣	0.9022	90	0.9621	88	黎城冬枣	0.8214	189	0.9172	191
兴县老婆枣	0.9000	91	0.9612	92	五台木枣	0.8188	190	0.9151	193
怀远脆枣	0.8997	92	0.9585	103	朝阳齐脆枣	0.8174	191	0.9535	117
乐金 3 号	0.8987	93	0.9563	110	昌云	0.8170	192	0.9200	189
漯河疙瘩枣	0.8986	94	0.962	89	太谷脆枣	0.8143	193	0.9091	195
德阳贵妃枣	0.8959	95	0.9615	90	大叶无核枣	0.8041	194	0.9150	194
赞皇大枣	0.8959	96	0.9825	15	伏脆蜜	0.8035	195	0.9190	190
淇县无核枣	0.8958	97	0.9582	105	曙光 3 号	0.8021	196	0.9090	196
雨乐 1 号	0.8955	98	0.9542	115	荏红 1 号	0.8097	197	0.8300	197
太谷祀祖枣	0.8949	99	0.9633	82					

综上可知，稷山板枣、交城骏枣、太谷壶瓶枣、金谷大枣、延川狗头枣、宝德油枣、灵武长枣等传统制干枣种质排名靠前，且冷四、雨虹、大荔蜂蜜罐、黎城冬枣、太谷脆枣等鲜食种质位居末位，说明灰色关联分析法可用于制干枣种质评价及筛选。等权排名与加权处理后排名结果基本一致，两者相互验证了准确性。加权处理后，中阳木枣、新郑灰枣和赞皇大枣等传统制干种质排名发生显著变化，可知，依据层次分析法确定各评价指标权重后，优化了灰色关联综合评价排名结果。

3 讨论

王雷存等^[21]采用层次分析法和熵值法确定苹果果实的单果重、果形指数、果实硬度、糖酸比等 12 项指标的客观权重，为苹果杂交 F₁ 代果实性状综合选择提出了完整的评价指标系和量化评价模型。在对枣种质进行干枣果实品质评价时，由于样本群体大、评价指标多且关联度高，既有质量性状，又有数量性状，因此，选用 AHP 法能实现定性与定量的统一转化，确保评价结果的科学性和有效性。AHP 法的核心内容为层次结构的建立和指标权重的确定，近年来，层次分析结合灰色关联度分析的方法在葡萄^[22]、苹果^[23]等果实的品质评价中得到应用。前人研究在对灰枣果实品种筛选评价工作中，将层次分析法和灰色关联法结合，从定性和定量分析两方面出发，获得的评价结果更严谨科学，具有一定的参考价值^[24]。张梅等^[11]仅对骏枣的质地品质和营养品质进行检测分析，在外观品质方面并未进行系统评价，且侧重于综合比较新疆不同县市骏枣品质特征的差异性。本研究中，检测分析资源圃内 197 份制干枣种质 22 个品质性状指标，全面梳理了不同干枣种质果实物性品质、外观品质和内在品质进行综合评价，从枣种质制干特性出发，应用层次分析法，构建制干枣种质综合评价体系，依据权重排序及结合相关性分析确定了核心评价指标。咀嚼度、单果重、硬度、果皮平展度、果实颜色、可溶性糖含量、可溶性固形物含量 7 项指标作为干枣种质果实品质评价的核心指标，这与樊保国等^[18]对制干枣 9 个品质性状指标中发现单果质量、干枣口感和干枣含糖量等指标起决定作用及张梅等^[11]研究确定硬度是决定骏枣质地的关键指标较一致，本研究并进行了完善。由此可知，在制干枣种质资源评价及筛选中采用层次分析法进行各项评价指标的客观权重确定及综合品质评价体系的建立是较为可靠的。

在灰色关联分析法中，影响分析结果准确性的主要因素是“参考数列”的确定及参与分析的各个性状

权重系数的确定。由于灰色关联度分析是以曲线几何性状的相似程度来判断关联度，因此，参考数列的指标确定至关重要，它决定着关联分析结果的可靠性。范士杰等^[25]认为参考品种各性状值应稍高于所有参试品种相应性状值，这样就保证了关联度的正向性，但在本研究中，品质指标并非全为正向指标，因此通过统计分析 197 份干枣种质果实品质性状频数分布情况及 10 份传统制干枣种质干枣果实品质性状均值构造优异制干枣种质筛选评价标准，依据此标准设定灰色关联参考值，通过关联分析，对制干枣种质资源筛选及评价取得了较理想的结果，验证了该评价标准可用于制干枣种质资源的选优。

随着人们对果实品质要求的提高，种质资源的评价方法也从定性指标向定量和定性指标结合、单因素指标向多因素指标综合评价的方向发展。本研究所使用的层次分析法将复杂问题层次化，通过判断矩阵和一致性检验来确定各项指标对评价品种品质性状的影响程度（权重值），避免了认识过程中由偶然因素造成的误差，但层次分析法的性状赋值有较强人为主观性，对品种信息不能完全利用。灰色关联度法可以涵盖品种性状的多个信息，使得评价结果更丰富全面，但在品种性状指标的权重系数上难免存在主观随意性。本研究基于层次分析法权重值进行加权关联分析，研究结果发现加权综合评价排名结果与等权排名结果基本一致，但对个别传统制干枣种质排名顺序得到了优化，因此，采用两者结合的方式，发挥各自的优越性，克服了优异制干枣种质在综合评价中漏选的弊端，使得评价体系结构更具科学性、合理性。

参考文献

[1] 刘孟军. 枣优质生产技术手册.北京:中国农业出版社, 2004: 275-323

Liu M J. Handbook of high-quality production technology of jujube. Beijing: China Agriculture Press, 2004: 275-323

[2] 曲泽洲, 王永蕙. 中国果树志:枣卷.北京:中国林业出版社, 1993

Qu Z Z, Wang Y H. Chinese fruit trees: jujube rolls. Beijing: China Forestry Press, 1993

[3] 张慧艺,汪丽霞,吴伊静,等. 18 份胡柚种质果实品质分析与综合评价.果树学报, 2024, 5(4):1-15

Zhang H Y, Wang L X, Wu Y J, etc. Analysis and Comprehensive Evaluation of Fruit Quality of 18 Grapefruit Germplasms. Journal of Fruit Science, 2024, 5(4):1-15

[4] 赵双,黄颖宏,鄯红丽. 30 个杨梅品种果实品质分析与综合评价.果树学报, 2024, 41(3):392-402

Zhao S, Huang Y H, Xi H L. Fruit Quality Analysis and Comprehensive Evaluation of 30 Bayberry Cultivars. Journal of Fruit Science, 2024, 41(3):392-402

[5] 薛晓芳,焦文丽,苏万龙,等. 枣种质资源果实质地品质特性分析.西北农业学报, 2024, 5(6):1-11

Xue X F, Jiao W L, Su W L, etc. Analysis of Fruit Quality Characteristics of Jujube Germplasm Resources. Journal of Northwest Agricultural Sciences, 2024, 5(6):1-11

[6] 李慧,魏天军. 30 个鲜食枣种质果实品质综合评价.中国果树, 2024, (2):68-74

Li H, Wei T J. Comprehensive Evaluation of Fruit Quality of 30 Fresh Jujube Germplasms. China Fruit Trees, 2024, (2):68-74

[7] 艾海提·克然木,合塔尔·扎热,吴正保. ‘灰枣’果实外观品质指标相关性分析.浙江林业科技, 2023, 43(1):89-93

- Ahti Kranmu, Ghattar Zare, Wu Z B. Correlation Analysis of Fruit Appearance and Quality Indices of 'Gray Jujube'. Zhejiang Forestry Science and Technology, 2023, 43(1): 89-93.
- [8] 李慧,魏天军.基于主成分和灰色关联度分析的鲜食枣果实品质评价.经济林研究, 2021, 39(1):60-67
- Li H, Wei T J. Quality Evaluation of Fresh Jujube Fruit Based on Principal Component and Grey Correlation Analysis. Economic Forest Research, 2021, 39(1):60-67
- [9] 贾宇尧.基于传统品质与代谢组学的不同产地骏枣与灰枣干果品质研究.西北农林科技大学, 2023
- Jia Y Y. Study on dried fruit quality of Jun jujube and gray jujube from different origins based on traditional quality and metabolomics. Northwest A&F University, 2023
- [10] 樊保国,李月梅,张强,等.中阳木枣品种群果实制干品质性状及其综合评价.西北农林科技大学学报, 2019, 47(12):130-139
- Fan B G, Li Y M, Zhang Q, etc. Fruit Drying Quality Traits and Their Comprehensive Evaluation of Zhongyang Jujube Cultivars. Journal of Northwest A&F University, 2019, 47(12):130-139
- [11] 张梅,王利娜,王姝婧,等.基于层次-关联度的新疆骏枣品质性状分析及综合评价.中南林业科技大学学报, 2022, 42(1):78-85
- Zhang M, Wang L N, Wang J J, etc. Analysis and Comprehensive Evaluation of Quality of Xinjiang Jun Jujube Based on Hierarchy-Correlation Degree. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2022, 42(1):78-85
- [12] 禄彩丽,秉宇,马珊,等.环塔里木盆地骏枣质地品质及其与气象因子的关系.西北农林科技大学学报, 2021, 49(2):45-53
- Lu C L, Bing Y, Ma S, etc. Texture Quality of Jujube and Its Relationship with Meteorological Factors in the Tarim Basin. Journal of Northwest A&F University, 2021, 49(2):45-53
- [13] 黄瑶,刘丰鸣,赵文,等.新疆不同产区灰枣和骏枣的质构分析.经济林研究, 2022, 40(3):65-76
- Huang Y, Liu F M, Zhao W, etc. Texture Analysis of Gray Jujube and Jun Jujube in Different Producing Areas of Xinjiang. Economic Forest Research, 2022, 40(3):65-76
- [14] 樊保国,李月梅,张强,等.中阳木枣系品种果实制干品质的综合评价方法.中国农业大学学报, 2019,24(5):150-160
- Fan B G, Li Y M, Zhang Q, etc. Comprehensive evaluation method of fruit drying quality of Zhongyang wood jujube varieties. Journal of China Agricultural University, 2019, 24 (5):150-160
- [15] 王博.宁夏引进枣种质资源生长表现及果实品质评价与分析.宁夏大学, 2023
- Wang B. Evaluation and analysis of the growth performance and fruit quality of imported jujube germplasm resources in Ningxia. Ningxia University, 2023.
- [16] 张慧艺,汪丽霞,吴伊静,等. 18份胡柚种质果实品质分析与综合评价.果树学报,2024, 41(6):1033-1043
- Zhang H Y, Wang L X, Wu Y J, etc. Fruit quality analysis and comprehensive evaluation of 18 Hu pomelo germplasm. Journal of Fruit Tree, 2024, 41(6):1033-1043
- [17] 吴昊,苏万龙,石美娟,等.枣种质果实性状多样性分析与综合评价.植物遗传资源学报, 2022, 23(6):1613-1625
- Wu H, Su W L, Shi M J, etc. Analysis and Comprehensive Evaluation of Fruit Traits in Jujube Germplasm and Fruits. Journal of Plant Genetic Resources,

2022, 23(6):1613-1625

[18] 樊保国,李登科.制干枣品种品质性状的因子分析与综合评价.植物遗传资源学报, 2011, 12(5):716-720

Fan B G, Li D K. Factor Analysis and Comprehensive Evaluation of Quality Traits of Dried Jujube Varieties. Journal of Plant Genetic Resources, 2011, 12(5):716-720

[19] SAATY T L. The analytic hierarchy process. New York: McCraw-Hill Inc, 1980

[20] 李登科.枣种质资源描述规范和数据标准.北京:中国农业出版社, 2006

Li D K. Jujube germplasm resources description specifications and data standards. Beijing: China Agricultural Press, 2006

[21] 王雷存,樊红科,赵政阳,等.基于层次分析和熵值法的苹果杂交 F₁ 代果实性状综合选择模式研究.北方园艺, 2011, (21): 4-8

Wang L C, Fan H K, Zhao Z Y, etc. Analysis of fruit traits in F₁ based on hierarchical analysis and entropy method. Northern Horticulture, 2011, (21): 4-8

[22] 沈甜,牛锐敏,黄小品,等.基于层次-关联度和主成分分析的无核鲜食葡萄品质评价.食品工业科技, 2021, 42(3):53-60

Shen T, Niu R M, Huang X J, etc. Quality evaluation of seedless grapes based on hierarchy-correlation and principal component analysis. Food Industry Technology, 2021, 42 (3):53-60

[23] 邓健康,刘璇,吴昕焯,等.基于层次分析和灰色关联度法的苹果(等外果)汁品质评价.中国食品学报, 2017, 17(4):197-208

Deng J K, Liu X, Wu X Y, etc. Quality evaluation of apple (and other exodex) juice based on hierarchical analysis and gray correlation method. Chinese Food Journal, 2017, 17 (4):197-208

[24] 万胜,杨智鹏,黄瑶,王磊,等.新疆不同地区灰枣果实品质性状分析及综合评价.经济林研究, 2022, 40(4):143-152

Wang S, Yang Z P, Huang Y, Wang L, etc. Analysis and comprehensive evaluation of fruit quality traits in different regions of southern Xinjiang. Economic forest research, 2022, 40(4):143-152

[25] 范士杰.试用灰色关联度分析评价油菜区试品种.种子, 1997(3):55-58

Fan S J. Trial grey correlation degree analysis to evaluate the rapeseed area test varieties. Seed, 1997(3):55-58