

# 新疆地方品种梨果实品质性状综合评价

木合塔尔·扎热, 阿卜杜许库尔·牙合甫, 故丽米热·卡克什,  
马合木提·阿不来提, 哈地尔·依沙克

(1. 新疆林业科学院经济林研究所, 乌鲁木齐 830063; 2. 新疆林木资源与利用国家林草局重点实验室, 乌鲁木齐 830020;  
3. 新疆林果树种选育与栽培重点实验室, 乌鲁木齐 830054)

**摘 要:** 为了优良品种的筛选、选育及推广应用提供科学理论依据, 建立 8 个新疆地方品种梨的果实品质综合评价体系。以‘鄯善红梨’‘鄯善句句梨’‘鄯善黄麻梨’‘晚熟塔西梨’‘鄯善早熟句句梨’‘诺尔依梨’‘雅格丽克梨’和‘库车句句梨’为试材, 测定其 14 项果实内外品质指标, 对 14 项指标进行相关性分析和因子分析, 建立基于因子分析的综合品质评价模型, 并根据综合品质得分进行优良度排序。结果表明: 8 个新疆地方品种梨 14 项果实品质性状变异系数有所不同, 其中色差值  $a^*$  (红绿差异) 的变异系数较大, 其变异系数为 225.40%, 单果质量、果实纵径、果心质量、色差值  $L^*$ 、果实硬度、总酸含量和糖酸比的变异系数均中等, 在 20.0%~45.0% 范围之内, 其余果实品质指标的变异系数均相对较小 (小于 20.0%), 且各果实品质指标间均存在不同程度的相关性。经因子分析提取出特征根值均大于 1 的 4 个公因子, 其累计方差贡献率达 88.90%, 其中第 1 公因子的贡献率为 31.15%, 主要由果实纵径、单果质量、果心质量、果实横径和果形指数 5 个因子决定, 主要反映了果实大小、果心大小和果实形状。第 2 公因子的贡献率为 23.31%, 由糖酸比、果实硬度、含糖量和总酸含量 4 个因子决定, 主要反映了果实酸甜口感品质和耐运强度的高低。第 3 公因子的贡献率为 18.29%, 由色差值  $L^*$ 、色差值  $a^*$  和色差值  $b^*$  3 个因子决定, 主要反映了果实表面颜色色差程度。第 4 公因子的贡献率为 16.15%, 由可食率和果柄长度 2 个因子决定, 主要反映了果实可食部分大小和果实抗风能力强度的高低。经综合品质评价模型得出, 新疆梨 8 个地方品种果实综合品质得分的优良度排序依次为‘诺尔依梨’‘雅格丽克梨’‘库车句句梨’‘鄯善黄麻梨’‘鄯善句句梨’‘鄯善红梨’‘鄯善早熟句句梨’‘晚熟塔西梨’, 研究结果为新疆地方梨品种的合理应用及科学推广提供参考。

**关键词:** 果实; 品质控制; 新疆地方品种梨; 因子分析; 综合评价

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.07.034

中图分类号: S661.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2021)-07-0278-08

木合塔尔·扎热, 阿卜杜许库尔·牙合甫, 故丽米热·卡克什, 等. 新疆地方品种梨果实品质性状综合评价[J]. 农业工程学报, 2021, 37(7): 278-285. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.07.034 <http://www.tcsae.org>

Muhtar Zari, Abduxukur Yakup, Mahmut Ablat, et al. Comprehensive evaluation of fruit quality traits of local pear cultivars in Xinjiang Region of China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 37(7): 278-285. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.07.034 <http://www.tcsae.org>

## 0 引 言

梨 (*Pyrus* spp.) 是食用价值和药用价值并有的世界五大喜食水果之一, 是中国栽培历史悠久、分布地区广泛的果树, 中国作为梨属植物的发祥地, 因此境内蕴藏着丰富的梨属植物, 为研究梨种质资源多样性提供了丰富的资源<sup>[1-4]</sup>。新疆梨 (*Pyrus sinkiangensis* Yü) 属于蔷薇科 (Rosaceae) 梨亚科 (Pomaceae) 物种, 是东方梨 (Oriental pears) 的主要组成部分<sup>[5]</sup>。新疆是中国梨主要主产区, 独特的气候条件孕育了类型丰富、品味多样的地方梨品种, 为研究梨种质资源多样性提供了丰富的资源。其中, 库尔勒香梨作为一个新疆著名的地方梨品种之一, 具有香气浓郁、酥脆多汁、外观艳丽、耐储藏等优良特性, 得到广大消费者的青睐<sup>[6-7]</sup>。近年来, 随着新疆特色林果业

的快速发展, 库尔勒香梨种植面积也不断扩大, 在新疆地方品种梨的栽培面积和产量中占据较大的比重, 但是品种单一, 上市时间相对集中的库尔勒香梨无法满足水果市场供给侧结构性改革的要求, 也降低了抵御灾害天气、病虫害危害以及市场风险的能力。因此, 选育成熟期不同, 品味多样化和个性化的当地梨品种已成为影响新疆特色林果业可持续发展的瓶颈问题。目前为止, 相关新疆地方品种梨的营养成分<sup>[8-12]</sup>、种质资源多样性<sup>[13-16]</sup>、基因鉴定<sup>[17-20]</sup>、逆境生理<sup>[21]</sup>等方面的研究已有报道。位杰等<sup>[8,10]</sup>研究 6 个库尔勒香梨品种果实品质指标的相关性与通径分析得出, 不同梨品种的果实品质和矿质元素含量存在一定程度的差异, 果实品质中石细胞含量变异系数较大, 可溶性固形物含量变异系数较小; 果实矿质元素中 P 含量变异系数较大, Mg 含量变异系数较小; 不同产地库尔勒香梨果实品质存在差异, 29 团、31 团、9 团香梨果实品质的合成“合理-满意度”数值较高, 表现较好。库尔勒香梨中的部分对人体必需的微量元素的含量明显低于喀什地方梨, 地方梨具有较高的营养及药用价

收稿日期: 2020-11-01 修订日期: 2021-03-09

基金项目: 2020 年度自治区“主要林果种质资源创新项目”

作者简介: 木合塔尔·扎热, 新疆库车人, 博士, 副研究员, 主要从事果树营养生理和栽培生理研究。Email: muhtarzari@126.com

值<sup>[9]</sup>。但是,相关基于新疆地方梨品种果实品质性状进行品种选优方面的研究尚未见报道。本研究以新疆梨中当地受欢迎的8个地方品种作为试验材料,测定其14项果实品质指标,并经过因子分析对其进行综合评价,为新疆梨当地品种良种选育、适栽区的划定,及其合理开发利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

本研究以8个新疆地方品种梨作为试验材料,其中‘鄯善红梨’‘鄯善句句梨’‘鄯善黄麻梨’‘晚熟塔西梨’和‘鄯善早熟句句梨’5个品种来源于吐鲁番市鄯善县,‘诺尔依梨’和‘雅格丽克梨’来源于喀什地区麦盖提县,‘库车句句梨’来源于阿克苏地区库车县。3个采样点均属于温带大陆性气候,夏季炎热,冬季寒冷,昼夜温差大,日照充足,土质均以沙壤土为主,鄯善县、库车县和麦盖提县的年平均气温分别为11.3、10.7和11.8℃,年降水量分别为25.0、73.3和42.3 mm。每个品种选择长势中等水平的5株树作为采样的试验树。8个品种试验树均以杜梨为砧木,树龄为23~28 a之间,均已进入盛果期,田间管理中等。

### 1.2 仪器与设备

1/1000的CL小量程精密天平(GL323-1SCN),上海亚津电子科技有限公司;游标卡尺(量程:0~150 mm,精度:±0.02 mm),上海尺喜工量具有限公司;3 nh(NR145型,测量口径:8 mm)全自动便携式色差仪,深圳市三恩时(3 nh)科技有限公司;托普云农GY-4数显果实硬度计,浙江托普云农科技股份有限公司;PAL-3水果数显测糖仪,PAL-Easy|ACID 5数显酸度计,日本爱拓(ATAGO)有限公司。

### 1.3 测定方法

#### 1.3.1 果样采集方法

到每个品种成熟期(单株90%~95%的果实已表现本品种成熟果实的特征作为成熟期的标准),从每株试验树冠层的东南西北、上中下层、外围和内膛随机摘取50个果实,充分混匀后,从中再次选择20个果实作为测试果样,每个品种共100个测试果实(5株),摘取果实后即时测定其单果质量、纵横径和果柄长度。然后,把果样用油纸袋封装,并套入网套后装入保温箱(0~5)℃带回实验室,在冷藏柜(2±2)℃条件下放置3 d完成生理后熟,以期减少误差。待完成生理后熟后,用湿毛巾擦干净果实表面尘土,然后测定果实表面色差值( $a^*$ 、 $b^*$ 和 $L^*$ )、硬度、含糖量、含酸量、糖酸比、果心质量和可食率9个指标。

#### 1.3.2 果实品质指标的测定方法

果实品质指标均参考常规果实分析法测定。单果质量和果心质量均使用电子天平称重法测定,以果心质量与其单果质量比值表示可食率;果柄长度和果实纵横径均采用电子游标卡尺测量,果形指数为果实纵径与果实横径之比;果实表面色差值用色差仪测定<sup>[22]</sup>;含糖量用数显测糖仪测定;果实总酸含量使用数显酸度计测定;

糖酸比为水果含糖量与总酸含量之比;果实硬度用GY-4数显果实硬度计测定。

### 1.4 统计分析

试验所有数据用SPSS 16.0统计软件进行相关性分析和因子分析,全部试验数据测定5组(5个重复)的100个数据。

数据标准化处理<sup>[23-24]</sup>:因子分析前,对原始数据进行均衡归一化(标准化)的纯量处理,将数据规范至[0, 1]。根据8个新疆地方品种梨特性和选优目标,在选优时,对每个果实品质指标的衡量标准有所差异。梨果实外观品质指标中,一般认为单果质量、果实纵径、果实横径、果形指数越大越好;果实表面颜色中色差值 $L^*$ (明度差异)越大(偏亮一点)越好,色差值 $a^*$ (红/绿差异)越大(偏红一点)越好,色差值 $b^*$ (黄/蓝差异)越大(偏黄一点)越好;果柄一般越长越容易被风吹掉,果柄长度短一点较好。果实内在品质指标中,果心质量、总酸含量越少越好,可食率、果实硬度、含糖量和糖酸比越大越好。由于不同果实品质指标的计量单位不同,数据量纲也不一致,不便进行数据分析。其中正相关指标(单果质量、可食率、果实纵径、果实横径、果形指数、果实表面色差值( $L^*$ 、 $a^*$ 和 $b^*$ ))、含糖量、糖酸比)依据公式(1)计算,负相关指标(果心质量、果柄长度和总酸含量)依据公式(2)计算。

$$U_{in} = \frac{X_{in} - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \quad (1)$$

$$U'_{in} = 1 - \frac{X_{in} - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} = 1 - U_{in} \quad (2)$$

式中 $U_{in}$ 和 $U'_{in}$ 分别为正相关和负相关指标第 $n$ 个样品第 $i$ 个指标的原始值经转化后的隶属函数值; $X_{in}$ 指第 $n$ 个样品第 $i$ 个指标的原始测定值; $X_{i\max}$ 和 $X_{i\min}$ 分别指样品组中第 $i$ 个指标的最大和最小值。

因此,在用因子分析进行综合评价前,使用隶属函数法对原始数据进行标准化处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 8个新疆地方品种梨果实品质指标分析

由表1可见,8个新疆地方品种梨14项果实品质指标存在着不同程度的变异。其中色差值 $a^*$ 的变异系数最大为225.40%,‘鄯善黄麻梨’‘晚熟塔西梨’‘鄯善早熟句句梨’‘诺尔依梨’和‘鄯善红梨’5个品种的果实表面颜色均带一些红色,其中‘鄯善红梨’的色差值 $a^*$ 最大,值为21.14,果实表面颜色较红一点,‘鄯善句句梨’‘雅格丽克梨’和‘库车句句梨’的果实表面颜色均偏绿一点。单果质量和果心质量的变异系数排在第二,变异系数基本上在44.00%左右,‘库车句句梨’单果质量最高为128.43 g,其次为‘诺尔依梨’,‘晚熟塔西梨’单果质量最低,为39.96 g;‘库车句句梨’果心质量最高,‘鄯善红梨’果心质量为第二,‘晚熟塔西梨’果心质量最低,果心质量分别为32.66、30.06和8.91 g。糖酸比和总酸含量的变异系数分别为34.45%和29.12%,‘雅

格丽克梨’糖酸比最高, 值为 55.03, ‘晚熟塔西梨’糖酸比最低, 值为 18.25, ‘鄯善早熟句句梨’总酸含量最高, 为 0.86%, ‘雅格丽克梨’的总酸含量最低, 其值为 0.37%。色差值  $L^*$  的变异系数为-23.59%, ‘诺尔依梨’和‘晚熟塔西梨’色差值  $L$  较接近, 排在前列, 其色差值  $L^*$  分别为-18.41 和-18.47, ‘鄯善红梨’色差值  $L^*$  最低, 为-35.97。果实纵径和硬度的变异系数较相近, 分别为 21.90%和 21.70%, ‘诺尔依梨’果实纵径最大, 为 82.39 mm, ‘晚熟塔西梨’果实纵径最小, 为 42.19 mm; ‘鄯善句句梨’果实硬度最大, ‘晚熟塔西梨’果实硬度为其次, ‘雅格丽克梨’果实硬度最低, 分别为 5.81、5.66 和 2.53 kg/cm<sup>2</sup>。含糖量和果柄长度的变异系数也较相近, 变异系数分别为 18.60%和 17.85%, ‘雅格丽克梨’含糖量最高, 含糖量为 19.92%, 其次为‘鄯善早熟句句梨’,

‘晚熟塔西梨’含糖量最低, 为 11.98%。8 个新疆地方品种梨的果柄长度由长到短依次为‘鄯善红梨’‘鄯善句句梨’‘鄯善早熟句句梨’‘晚熟塔西梨’‘库车句句梨’‘鄯善黄麻梨’‘诺尔依梨’‘雅格丽克梨’。果实横径、果形指数和色差值  $b^*$  的变异系数在 11.74%~13.93% 范围内, ‘诺尔依梨’和‘鄯善红梨’的果实横径较接近, 其值分别为 60.98、60.85 mm, ‘鄯善句句梨’果实横径最小, 为 43.51 mm; ‘诺尔依梨’果形指数最大, 其值为 1.36, ‘鄯善句句梨’和‘鄯善红梨’果形指数较接近, 排在第二, 其值分别为 1.15 和 1.14, ‘鄯善黄麻梨’果形指数最低, 为 0.92。8 个新疆地方品种梨 14 个果实品质指标中, 可食率变异系数最低, 为 3.03%, ‘诺尔依梨’可食率最高, 其值为 80.43%, ‘鄯善黄麻梨’次之, ‘鄯善句句梨’可食率最低, 为 73.11%。

表 1 8 个新疆地方品种梨果实品质指标  
Table 1 Fruit quality indexes of 8 local pear cultivars in Xinjiang

果实品质指标 Fruit quality index	鄯善句句梨 Piqan jujula	鄯善黄麻梨 Piqan pockmarked yellow pear	晚熟塔西梨 Late-maturing tax pear	鄯善早熟句句梨 Piqan early- maturing jujula	诺尔依梨 Nogay pear	雅格丽克梨 Yaglik pear	库车句句梨 Kuqa jujula	鄯善红梨 Piqan red pear	平均值 Average	标准差 Standard deviation	变异系数 Variation coefficient /%
单果质量 Single fruit weight/g	46.85±2.15 c	66.38±1.38 b	39.96±0.97 c	47.93±1.70 c	126.91±7.99 a	74.43±3.15 b	128.43±13.78 a	118.83±5.33 a	81.22	35.34	43.51
果实纵径 Fruit longitudinal diameter/mm	49.75±1.38 ef	50.62±0.60 e	42.19±0.41 h	47.20±0.48 f	82.39±2.01 a	54.36±1.26 d	65.41±2.39 c	69.08±1.45 b	57.63	12.62	21.90
果实横径 Fruit diameter/mm	43.51±0.75 c	54.97±0.44 b	44.34±0.48 c	44.76±0.60 c	60.98±2.04 a	53.89±0.93 b	61.70±2.53 a	60.85±1.05 a	53.13	7.40	13.93
果形指数 Fruit shape index	1.15±0.04 b	0.92±0.01 e	0.95±0.01 de	1.06±0.01 c	1.36±0.04 a	1.01±0.03 cd	1.06±0.01 c	1.14±0.02 b	1.08	0.13	11.85
果心质量 Core weight/g	12.78±1.06 ef	14.31±0.24 de	8.91±0.15 h	11.36±0.29 fh	24.66±1.24 c	16.73±0.54 d	32.66±2.66 a	30.06±1.29 b	18.93	8.42	44.47
可食率 Edible rate/%	73.11±1.19 e	78.37±0.18 b	77.56±0.26 bc	76.00±0.38 cd	80.43±0.52 a	77.44±0.63 bc	73.95±0.88 e	74.55±0.61 de	76.43	2.32	3.03
色差值 $L^*$ Color difference value $L^*$	-22.16±1.20 bc	-20.44±0.80 ab	-18.47±0.67 a	-19.91±0.32 ab	-18.41±0.53 a	-26.67±1.12 d	-23.83±0.84 c	-35.97±0.63 e	-23.23	5.48	-23.59
色差值 $a^*$ Color difference value $a^*$	-5.18±0.69 f	6.38±0.33 bc	7.86±0.30 b	2.04±0.52 d	4.52±1.34 c	-0.38±2.15 e	-7.11±0.75 f	21.14±1.23 a	3.66	8.25	225.40
色差值 $b^*$ Color difference value $b^*$	43.54±0.50 a	38.71±0.40 c	41.64±0.50 ab	42.06±0.79 ab	39.78±1.12 bc	42.06±1.45 ab	37.92±0.86 c	27.97±0.52 d	39.21	4.60	11.74
果柄长度 Fruit stalk length/mm	46.67±2.53 a	36.04±1.20 cd	39.44±0.72 bc	41.71±1.25 b	33.91±2.48 d	25.79±1.35 e	39.19±1.49 bc	49.64±1.45 a	39.05	6.97	17.85
果实硬度 Fruit firmness/ (kg·cm <sup>2</sup> )	5.81±0.25 a	3.79±0.05 d	5.66±0.06 a	4.86±0.04 b	4.47±0.53 bc	2.53±0.33 e	4.26±0.28 cd	4.65±0.22 bc	4.50	0.98	21.70
含糖量 Sugar content/%	14.43±0.15 d	12.31±0.08 e	11.98±0.05 e	18.47±0.09 b	12.20±0.13 e	19.92±0.30 a	16.02±0.17 c	14.50±0.10 d	14.98	2.79	18.60
总酸含量 Total acid content/%	0.43±0.01 d	0.43±0.01 d	0.66±0.01 b	0.86±0.01 a	0.52±0.01 c	0.37±0.01 e	0.44±0.01 d	0.46±0.01 d	0.52	0.15	29.12
糖酸比 Sugar acid ratio	33.93±0.79 c	29.01±0.68 e	18.25±0.21 h	21.63±0.29 f	23.64±0.42 f	55.03±2.43 a	36.21±0.89 b	31.62±0.49 d	31.16	10.74	34.45

注：同一行果实品质指标平均值后不同字母表示在 0.05 水平上有显著差异。  
Note: The different letters after the average value of fruit quality index in the same row indicate that there are significant differences at the level of 0.05.

2.2 8 个新疆地方品种梨果实品质性状的相关性分析

由表 2 可知, 8 个新疆地方品种梨的 14 项果实品质指标间存在不同的相关性。其中, 单果质量与果实纵径、果实横径、果形指数、果心质量和糖酸比之间, 果实纵

径与果实横径、果形指数、果心质量和糖酸比之间, 果实横径与果心质量、色差值  $a^*$ 和糖酸比, 果形指数与果心质量、果柄长度和含糖量之间, 果心质量与糖酸比之间, 可食率与色差值  $L^*$ 之间, 色差值  $L^*$ 与色差值  $b^*$ 和总

酸含量之间，色差值  $a^*$  与果柄长度之间，色差值  $b^*$  与总酸含量之间，果柄长度与果实硬度之间，果实硬度与总酸含量之间，含糖量与总酸含量和糖酸比之间均存在极显著 ( $P<0.01$ ) 正相关关系。果实横径与可食率之间，果心质量与果柄长度之间，色差值  $b^*$  与果实硬度之间均有显著 ( $P<0.05$ ) 正相关关系。单果质量、果实纵径和果实横径分别与色差值  $L^*$ 、色差值  $b^*$ 、果实硬度和总酸含量之间，果形指数与可食率和色差值  $L^*$  之间，果心质量与

可食率、色差值  $L^*$ 、色差值  $b^*$ 、果实硬度和总酸含量之间，可食率与果柄长度和含糖量之间，色差值  $L^*$  与色差值  $a^*$ 、果柄长度和糖酸比之间，色差值  $a^*$  与色差值  $b^*$  和含糖量之间，果实硬度与糖酸比之间，总酸含量与糖酸比之间均存在极显著 ( $P<0.01$ ) 负相关关系。可食率和色差值  $a^*$  与糖酸比之间，色差值  $b^*$  与果柄长度和糖酸比之间，果实硬度与含糖量之间均存在显著 ( $P<0.05$ ) 负相关关系。

表 2 8 个新疆地方品种梨果实品质指标的相关性分析  
Table 2 Correlation analysis of fruit quality indexes of 8 local pear cultivars in Xinjiang

果实品质指标 Fruit quality index	单果质量 Single fruit weight	果实纵径 Fruit longitudinal diameter	果实横径 Fruit diameter	果形指数 Fruit shape index	果心质量 Core weight	可食率 Edible rate	色差值 $L^*$ Color difference value $L^*$	色差值 $a^*$ Color difference value $a^*$	色差值 $b^*$ Color difference value $b^*$	果柄长度 Fruit stalk length	果实硬度 Fruit firmness	含糖量 Sugar content	总酸含量 Total acid content	糖酸比 Sugar acid ratio
单果质量 Single fruit weight	1.00													
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	0.92**	1.00												
果实横径 Fruit diameter	0.92**	0.80**	1.00											
果形指数 Fruit shape index	0.39**	0.67**	0.10	1.00										
果心质量 Core weight	0.96**	0.87**	0.86**	0.40**	1.00									
可食率 Edible rate	0.03	0.01	0.18*	-0.24**	-0.22**	1.00								
色差值 $L^*$ Color difference value $L^*$	-0.50**	-0.47**	-0.44**	-0.27**	-0.59**	0.32**	1.00							
色差值 $a^*$ Color difference value $a^*$	0.15	0.15	0.22**	-0.06	0.15	0.12	-0.47**	1.00						
色差值 $b^*$ Color difference value $b^*$	-0.53**	-0.48**	-0.54**	-0.13	-0.57**	0.12	0.72**	-0.58**	1.00					
果柄长度 Fruit stalk length	0.09	0.12	-0.04	0.26**	0.18*	-0.40**	-0.29**	0.26**	-0.20*	1.00				
果实硬度 Fruit firmness	-0.30**	-0.27**	-0.45**	0.07	-0.26**	-0.16	0.16	-0.03	0.17*	0.31**	1.00			
含糖量 Sugar content	0.00	0.01	-0.13	0.22**	0.07	-0.32**	-0.15	-0.33**	0.13	0.06	-0.17*	1.00		
总酸含量 Total acid content	-0.47**	-0.42**	-0.60**	0.02	-0.46**	-0.02	0.33**	-0.07	0.33**	0.13	0.38**	0.43**	1.00	
糖酸比 Sugar acid ratio	0.43**	0.37**	0.47**	0.10	0.46**	-0.18*	-0.41**	-0.20*	-0.17*	-0.16	-0.52**	0.31**	-0.71**	1.00

注：“\*”表示在 0.05 水平上显著相关，“\*\*”表示在 0.01 水平上显著相关。  
Note: “\*” means significant correlation at 0.05 level, and “\*\*” means significant correlation at 0.01 level.

2.3 8 个新疆地方品种梨果实品质性状的因子分析公因子分析

8 个新疆地方品种梨的 14 项果实品质指标根据其对梨果实品质的影响分为正相关指标（单果质量、可食率、果实纵径、果实横径、果形指数、果实表面色差值  $L^*$ 、 $a^*$  和  $b^*$ 、含糖量、糖酸比）和负相关指标（果心质量、果柄长度和总酸含量）进行数据标准化处理，然后对其进行公因子分析，经过最大方差正交旋转后得到的公因子载荷矩阵如表 3 所示。前 4 个公因子累计方差贡献率达 88.90%，且其特征根值均大于 1，包含梨果实品质性状的大部分信息。第 1 公因子的贡献率为 31.15%，主要由果实纵径、单果质量、果心质量、果

实横径和果形指数 5 个因子决定，它们的因子载荷分别为 0.97、0.94、-0.87、0.83 和 0.78，主要反映了果实大小和果实形状。第 2 公因子的贡献率为 23.31%，由糖酸比、果实硬度、含糖量和总酸含量 4 个因子决定，它们的因子载荷分别为 0.97、-0.79、0.73 和 0.59，主要反映了果实酸甜口感品质和耐运性的高低。第 3 公因子的贡献率为 18.29%，由色差值  $a^*$ 、色差值  $b^*$  和色差值  $L^*$  3 个因子决定，它们的因子载荷分别为 -0.91、0.86 和 0.70，主要反映了果实表面颜色程度。第 4 公因子的贡献率为 16.15%，由可食率和果柄长度 2 个因子决定，它们的因子载荷分别为 0.96 和 0.81，主要反映了果实可食部分大小和果实抗风能力强度的高低。

表 3 8 个新疆地方品种梨果实品质指标的公因子分析  
Table 3 Principal factor analysis of fruit quality of 8 local pear cultivars in Xinjiang

果实品质指标 Fruit quality index	公因子 Common factor			
	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$
单果质量 Single fruit weight	0.94	0.16	-0.23	0.04
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	0.97	-0.02	-0.12	0.14
果实横径 Fruit diameter	0.83	0.27	-0.36	0.22
果形指数 Fruit shape index	0.78	-0.29	0.22	-0.07
果心质量 Core weight	-0.87	-0.24	0.28	0.19
可食率 Edible rate	0.08	-0.24	-0.01	0.96
色差值 $L^*$	-0.24	-0.47	0.70	0.42
Color difference value $L^*$				
色差值 $a^*$	0.02	-0.30	-0.91	0.11
Color difference value $a^*$				
色差值 $b^*$	-0.45	-0.02	0.86	0.22
Color difference value $b^*$				
果柄长度 Fruit stalk length	-0.02	0.47	0.32	0.81
果实硬度 Fruit firmness	-0.14	-0.79	0.13	-0.55
含糖量 Sugar content	-0.18	0.73	0.20	-0.18
总酸含量 Total acid content	0.39	0.59	-0.11	0.04
糖酸比 Sugar acid ratio	0.09	0.97	0.06	-0.01
特征根 Characteristic root	4.36	3.26	2.56	2.26
贡献率 Contribution rate/%	31.15	23.31	18.29	16.15
累计方差贡献率	31.15	54.46	72.75	88.90
Cumulative variance contribution rate/%				

2.4 8 个新疆地方品种梨果实品质性状的综合评价

通过对 8 个新疆地方品种梨 14 项果实品质指标进行因子分析, 计算前 4 个公因子的得分值 ( $f_i$ ), 并以各公因子贡献率为权重, 公因子的得分值与相应权重乘积的累加建立果实品质综合得分 ( $f_z$ ) 的数学模型:  $f_z = (31.16f_1 + 23.31f_2 + 18.29f_3 + 16.15f_4) / 88.90$ , 该模型计算获取新疆梨 8 个地方品种的果实品质综合得分, 并根据果实品质性状的综合得分进行优良度排序 (表 4)。

由表 4 可以看出, 综合得分大小排序依次为 ‘诺尔依梨’ ‘雅格丽克梨’ ‘库车句句梨’ ‘鄯善黄麻梨’ ‘鄯善句句梨’ ‘鄯善红梨’ ‘鄯善早熟句句梨’。

表 4 8 个新疆地方品种梨果实品质的各公因子得分和综合评价

Table 4 Comprehensive evaluation and principal component scores of 8 local pear cultivars in Xinjiang

品种名称 Cultivar name	公因子 1 Common factor 1	排序 Sort	公因子 2 Common factor 2	排序 Sort	公因子 3 Common factor 3	排序 Sort	公因子 4 Common factor 4	排序 Sort	综合得分 Comprehensive score	排序 Sort
鄯善句句梨 Piqan jujula	-0.30	4	-0.16	5	1.10	1	-1.46	8	-0.18	5
鄯善黄麻梨 Piqan pockmarked yellow pear	-0.59	6	0.00	4	-0.61	7	1.04	2	-0.14	4
晚熟塔西梨 Late-maturing tax pear	-1.16	8	-1.11	8	-0.20	6	0.36	4	-0.67	8
鄯善早熟句句梨 Piqan early -maturing jujula	-0.89	7	-0.48	6	0.44	4	-0.33	5	-0.41	7
诺尔依梨 Nogay pear	1.66	1	-0.98	7	0.61	2	1.21	1	0.67	1
雅格丽克梨 Yaglik pear	-0.42	5	2.02	1	0.20	5	0.84	3	0.58	2
库车句句梨 Kuqa jujula	1.02	2	0.68	2	0.57	3	-0.72	6	0.53	3
鄯善红梨 Piqan red pear	0.66	3	0.02	3	-2.11	8	-0.94	7	-0.37	6

3 讨 论

新疆梨是中国主栽的四大梨种之一, 其种质资源丰富了中国梨种质资源的宝贵基因库, 为梨优良品种的选育提供了优异基因的源基础。目前为止, 新疆梨种质资

源约 30 多品种 (或品系), 其中库尔勒香梨有规模栽培外, 其余品种 (或品系) 均处于庭院种植的零散状态, 部分品种 (品系) 将面临着濒危。因此, 系统保护及科学开发利用梨种质资源是亟待解决的关键问题。经过调研发现, 新疆梨地方品种 (品系) 基因类型十分丰富, 梨’ ‘晚熟塔西梨’。8 个新疆地方品种梨的 4 个公因子相比, ‘鄯善句句梨’ 的第 3 个公因子排在第 1, 果实表面颜色较鲜亮, 第 1 公因子和第 2 公因子排在第 4 和第 5, 第 1 公因子包含的 5 项果实品质指标和第 2 公因子包含的 4 项果实品质指标较适中, 但其第 4 公因子的排序在最后, 果实可食率和果柄长度较差。‘鄯善黄麻梨’ 的第 4 个公因子排在第 2, 其果实可食率和果柄长度较好, 第 2 公因子所包含的 4 项果实品质指标较适中, 但第 1 公因子和第 3 公因子所包含的果实品质指标均偏差。‘晚熟塔西梨’ 第 1 和第 2 公因子排序均在最后, 所包含的果实品质指标较差, 第 3 公因子所包含的果实表面颜色也偏差, 第 4 公因子所包含果实可食率和果柄长度较适中。‘鄯善早熟句句梨’ 的第 1 公因子和第 2 公因子排序分别为第 7 和第 6, 所包含的果实品质指标均偏差, 第 3 公因子和第 4 公因子排序分别为第 4 和第 5, 所包含的果实表面颜色、可食率和果柄长度均较适中。‘诺尔依梨’ 的第 1 公因子和第 4 公因子均排在第 1, 第 3 公因子也排在前列 (第 2), 所包含的果实纵径、单果质量、果心质量、果实横径、果形指数、色差值  $L^*$ 、色差值  $a^*$  和色差值  $b^*$ 、可食率和果柄长度 10 项果实品质指标均较好或偏好, 第 2 公因子的排序为第 7, 所包含的 4 项果实品质指标均偏差。‘雅格丽克梨’ 的第 2 公因子排序为第 1, 所包含的果实品质指标均较好, 第 4 公因子排序为第 3, 所包含的果实品质指标均偏好, 第 1 公因子和第 3 公因子排序均为第 5, 所包含的果实品质指标均较适中。‘库车句句梨’ 的第 1 公因子和第 2 公因子均排在第 2, 第 3 公因子排序为第 3, 所包含的果实品质指标均较好, 第 4 公因子排序为第 6, 所包含的果实可食率和果柄长度均偏差。‘鄯善红梨’ 的第 1 公因子和第 2 公因子排序均为第 3, 所包含的 9 项果实品质指标均偏好, 第 4 公因子排序为第 7, 所包含的果实品质指标均偏差, 第 3 公因子排在最后, 其包含的果实表面颜色较差。

源约 30 多品种 (或品系), 其中库尔勒香梨有规模栽培外, 其余品种 (或品系) 均处于庭院种植的零散状态, 部分品种 (品系) 将面临着濒危。因此, 系统保护及科学开发利用梨种质资源是亟待解决的关键问题。经过调研发现, 新疆梨地方品种 (品系) 基因类型十分丰富,

果实成熟期从7月中旬到11月上旬的不同成熟时期,感官品质类型多样,口感品质中有特甜、较甜和酸甜,果肉脆度有软绵、酥脆,微硬,感官品质中果皮颜色有红霞、金黄、青绿,果实形状有鸡蛋形、葫芦形、圆形等,为梨品种选育提供丰富多样的种质资源。本研究结果表明,新疆梨8个地方品种14项果实品质指标的变异系数不一,8个新疆地方品种梨14项果实品质指标的变异系数的差异性均较大,具有一定的广泛性和代表性<sup>[25]</sup>。其中色差值 $a^*$ 间的差异最大,变异系数为225.40%,在品系选育时,其果皮红绿范围的选择空间较大。其次为单果质量和果心质量,8个地方品种间的变异系数均为43.51%和44.47%,在品种选育要加以重视。可食率间的变异系数最小,变异系数为3.03%,品种选育时其选择的余地最小。

因子分析是多指标综合评价中一种常用的多元统计方法,其基本思路都是利用降维的过程,将原始信息进行压缩,多个观测指标转化为少数几个相互独立的新指标,使得各主成分间互不相关又能反映各因子的信息,再根据各样品的因子得分(或主成分得分)进行综合评价,使得评价结果更加客观、合理,可以达到简化指标因子,合理有效评价果实品质的目的<sup>[26-28]</sup>。经因子分析提取出4个特征根大于1的公因子,4个公因子的累计方差贡献率达到88.90%,提供了原性状大部分的信息,且既是综合的,又是相互独立的指标,避免了重复信息的干扰<sup>[29]</sup>。其中第1公因子主要由果实纵径、单果质量、果心质量、果实横径和果形指数5个指标决定,8个梨品种中,‘诺尔依梨’‘库车句句梨’和‘鄯善红梨’的第一个公因子均排在前三,在梨品种丰产性为目的选育中可作为单果质量较大的优势亲本;第2公因子主要由糖酸比、果实硬度、含糖量和总酸含量4个指标决定,8个品种中‘雅格丽克梨’在第2公因子的得分最高,其果实含糖量最高,糖酸比为55.03,在提高果实含糖量为目的的育种可作为理想的种质资源,但其果实硬度较低,耐储藏能力较弱,‘库车句句梨’和‘鄯善红梨’在第2公因子排在第二和第三,其果实含糖量在中等水平,果实硬度均4.5 kg/cm<sup>2</sup>左右,具有较强的耐储藏潜能;第3公因子主要由色差值 $L^*$ 、色差值 $a^*$ 和色差值 $b^*$ 3个指标决定,8个品种在第3公因子得分从高到低依次为‘鄯善句句梨’‘诺尔依梨’‘库车句句梨’‘鄯善早熟句句梨’‘雅格丽克梨’‘晚熟塔西梨’‘鄯善黄麻梨’和‘鄯善红梨’,果实表面颜色从绿黄渐变黄红,在梨育种提供丰富的果皮颜色的种质资源;第4公因子主要由可食率和果柄长度2个指标决定,8个品种中,‘诺尔依梨’‘鄯善黄麻梨’和‘雅格丽克梨’的可食率排在前三,且其果柄长度也比较短,果实抗风能力较强,在大风频繁的区域具有良好推广应用前景。

果实外观和内在品质的科学、合理地评价是对果树品种全面评价的基础和前提,除此之外,品种抗性、丰产性、耐贮性及对地区的适应性等方面的因素对引种资源的整体评价也很重要,所以良种的筛选应在果实品质

评价的基础上,结合其他农艺性状和地方需求有针对性地做出科学评价,才能评选出适宜本地区推广的优良品种,发挥更佳的种植资源优势。

#### 4 结 论

1) 8个新疆地方品种梨14项果实品质性状变异系数有所不同,其中色差值 $a^*$ 的变异系数较大,单果质量、果实纵径、果心质量、色差值 $L^*$ 、果实硬度、总酸含量和糖酸比的变异系数均中等,果实横径、果形指数、可食率、色差值 $b^*$ 、果柄长度和含糖量的变异系数均相对较小。

2) 8个新疆地方品种梨14项果实品质性状的因子分析得知,前4个公因子累计方差贡献率达88.90%。其中,第1公因子贡献率为31.15%,主要反映了果实大小和果实形状;第2公因子的贡献率为23.31%,主要反映了果实酸甜口感品质和耐运性;第3公因子的贡献率为18.29%,主要反映了果实表面颜色程度;第4公因子的贡献率为16.15%,主要反映了果实可食部分大小和果实抗风能力强度的高低。

3) 经综合品质评价模型得出,新疆梨8个地方品种果实综合品质得分的优良度大小顺序为‘诺尔依梨’‘雅格丽克梨’‘库车句句梨’‘鄯善黄麻梨’‘鄯善句句梨’‘鄯善红梨’‘鄯善早熟句句梨’‘晚熟塔西梨’。

#### [参 考 文 献]

- [1] 蒲富慎,王宇霖.中国果树志(第三卷:梨)[M].上海:上海科学技术出版社,1963:1-11.
- [2] 张慧,吴杰.基于声振信号的香梨内部早期褐变判别[J].农业工程学报,2020,36(17):264-271.  
Zhang Hui, Wu Jie. Detection of early browning in pears using vibro-acoustic signals[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(17): 264-271. (in Chinese with English abstract)
- [3] 关晔晴,裴颖,安景舒,等.梨果实中酚类物质的研究进展[J].保鲜与加工,2019,19(5):191-195.  
Guan Yeqing, Pei Ying, An Jingshu, et al. Research progress of phenolic compounds in pear fruit[J]. Storage and Process, 2019, 19(5): 191-195. (in Chinese with English abstract)
- [4] 王绪,邓俭英,方锋学.ISSR分子标记技术及其在园艺作物中的应用[J].广西农业科学,2007,38(4):371-374.  
Wang Xu, Deng Jianying, Fang Fengxue. ISSR molecular marker technique and its application in horticultural crops [J]. Guangxi Agricultural Sciences, 2007, 38(4): 371-374. (in Chinese with English abstract)
- [5] 武阳,王伟,雷廷武,等.调亏灌溉对滴灌成龄香梨果树生长及果实产量的影响[J].农业工程学报,2012,28(11):118-124.  
Wu Yang, Wang Wei, Lei Tingwu, et al. Impact of regulated deficit irrigation on growth and fruit yield of mature fragrant pear trees under trickle irrigation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(11): 118-124. (in Chinese with English abstract)
- [6] 滕元文,柴明良,李秀根.梨属植物分类的历史回顾及新进展[J].果树学报,2004,21(3):252-257.  
Teng Yuanwen, Chai Mingliang, Li Xiugen. A historic

- retrospect and the progress in the taxonomy of the Genus *Pyrus*[J]. Journal of Fruit Science, 2004, 21(3): 252-257. (in Chinese with English abstract)
- [7] 江英, 王月, 毛惠娟, 等. 高湿度贮藏环境保持香梨表皮蜡质延缓衰老进程[J]. 农业工程学报, 2020, 36(3): 287-295.  
Jiang Ying, Wang Yue, Mao Huijuan, et al. Delaying the aging process of pears by maintaining cuticular waxes under high humidity storage conditions[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(3): 287-295. (in Chinese with English abstract)
- [8] 位杰, 蒋媛, 林彩霞, 等. 6 个库尔勒香梨品种果实矿质元素与品质的相关性和途径分析[J]. 食品科学, 2019, 40(4): 259-265.  
Wei Jie, Jiang Yuan, Lin Caixia, et al. Correlation and path analysis between fruit quality and mineral elements of 6 varieties of Korla fragrant pear [J]. Food Science, 2019, 40(4): 259-265. (in Chinese with English abstract)
- [9] 姚改芳, 张绍铃, 曹玉芬, 等. 不同栽培种梨果实中可溶性糖组分及含量特征[J]. 中国农业科学, 2010, 43(20): 4229-4237.  
Yao Gaifang, Zhang Shaoling, Cao Yufen, et al. Characteristics of components and contents of soluble sugars in pear fruits from different species [J]. Chinese Journal of Agricultural Sciences, 2010, 43(20): 4229-4237. (in Chinese with English abstract)
- [10] 位杰, 马建江, 陈久红, 等. 不同产地库尔勒香梨果实品质差异及综合评价[J]. 食品科学, 2017, 38(19): 87-91.  
Wei Jie, Ma Jianjiang, Chen Jiuhong, et al. Quality differences and comprehensive evaluation of Korla fragrant pear from different habitats [J]. Food Science, 2017, 38(19): 87-91. (in Chinese with English abstract)
- [11] 古丽巴哈尔·沙吾提, 唐春霞. 库尔勒香梨和喀什地方梨的微量元素含量分析比较[J]. 微量元素与健康研究, 2008, 25(5): 37-38.  
Gulhabar Sawut, Tang Chunxia. Analysis and comparison of trace elements in Korla fragrant pear and Kashgar local pear[J]. Studies of Trace Elements and Health, 2008, 25(5): 37-38. (in Chinese with English abstract)
- [12] 姚改芳, 杨志军, 张绍铃, 等. 梨不同栽培种果实有机酸组分及含量特征分析[J]. 园艺学报, 2014, 41(4): 755-765.  
Yao Gaifang, Yang Zhijun, Zhang Shaoling, et al. Characteristics of components and contents of organic acid in pear fruits from different cultivated species[J]. Acta Horticulture Sinica, 2014, 41(4): 755-765. (in Chinese with English abstract)
- [13] 张绍铃, 钱铭, 殷豪, 等. 中国育成的梨品种(系)系谱分析[J]. 园艺学报, 2018, 45(12): 2291-2307.  
Zhang Shaoling, Qian Ming, Yin Hao, et al. Pedigree analysis of pear varieties (lines) bred in China [J]. Acta Horticulture Sinica, 2018, 45(12): 2291-2307. (in Chinese with English abstract)
- [14] 张莹, 曹玉芬, 霍宏亮, 等. 基于枝条和叶片表型性状的梨种质资源多样性[J]. 中国农业科学, 2018, 51(17): 122-138.  
Zhang Ying, Cao Yufen, Huo Hongliang, et al. Diversity of pear germplasm resources based on twig and leaf phenotypic traits[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018, 51(17): 122-138. (in Chinese with English abstract)
- [15] 张莹, 曹玉芬, 霍宏亮, 等. 基于花表型性状的梨种质资源多样性研究[J]. 园艺学报, 2016, 43(7): 1245-1256.  
Zhang Ying, Cao Yufen, Huo Hongliang, et al. Research on diversity of pear germplasm resources based on flowers phenotype traits [J]. Acta Horticulture Sinica, 2016, 43(7): 1245-1256. (in Chinese with English abstract)
- [16] 玉苏甫·阿不力提甫, 阿依古丽·铁木儿, 罗淑萍, 等. 用 SRAP 分子标记分析新疆梨栽培品种遗传多样性[J]. 新疆农业大学学报, 2013, 36(5): 377-382.  
Yusuf Abulitip, Aygul Timur, Luo Shuping, et al. Analysis on genetic based on diversity of Xinjiang pears the srp marker[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2013, 36(5): 377-382. (in Chinese with English abstract)
- [17] 邓建军, 谭晓风, 包梅荣, 等. 11 个中国梨品种 S 基因型的鉴定[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(3): 63-66.  
Deng Jianjun, Tan Xiaofeng, Bao Meirong, et al. S-genotypes of 11 Chinese pear cultivars[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2010, 30(3): 63-66. (in Chinese with English abstract)
- [18] 陈慧, 张树军, 张好艳, 等. 40 个梨品种 S 基因型的鉴定及 S 基因频率分析[J]. 南京农业大学学报, 2013, 36(5): 21-26.  
Chen Hui, Zhang Shujun, Zhang Yuyan, et al. Identification of S-genotypes in forty pear cultivars and analysis of S-RNase genes frequency in *Pyrus*[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2013, 36(5): 21-26. (in Chinese with English abstract)
- [19] 许靖诗, 乌云塔娜, 叶生品, 等. 梨种质资源 SSR 引物的筛选与评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(7): 80-85.  
Xu Jingshi, Wu Yuntana, Ye Shengjing, et al. SSR primer screening and assessment on pear germplasm resources[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2012, 32(7): 80-85. (in Chinese with English abstract)
- [20] 张校立, 徐叶挺, 艾沙江·买买提, 等. 新疆地方梨品种 S 基因型的鉴定[J]. 新疆农业科学, 2018, 55(2): 246-252.  
Zhang Xiaoli, Xu Yeting, Aisajan Mamat, et al. Identification of S-genotypes of native pear cultivars in Xinjiang[J]. Xinjiang Agricultural Science, 2018, 55(2): 246-252. (in Chinese with English abstract)
- [21] 阿依古丽·铁木儿, 玉苏甫·阿不力提甫, 帕提曼·阿布都热合曼, 等. 新疆地方梨品种抗寒性评价[J]. 中国农学通报, 2014, 30(28): 217-225.  
Aygul Timur, Yusuf Ablitip, Patiman Abdurehman, et al. Evaluation on cold resistance of land race pears in Xinjiang[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(28): 217-225. (in Chinese with English abstract)
- [22] 张学英, 张上隆, 叶正文, 等. 不同颜色果袋对李果实着色及花色素苷合成的影响因素分析[J]. 果树学报, 2007, 24(5): 605-610.  
Zhang Xueying, Zhang Shanglong, Ye Zhengwen, et al. Influences of bagging on pigmentation development of plum and analysis of factors related with anthocyanin synthesis[J]. Journal of Fruit Science, 2007, 24(5): 605-610. (in Chinese with English abstract)
- [23] 古丽尼沙·卡斯木, 木合塔尔·扎热, 张东亚, 等. 基于因子分析的无花果引进品种果实品质性状综合评价[J]. 食品科学, 2018, 39(1): 106-111.  
Gulnisa Kasim, Muhtar Zari, Zhang Dongya, et al. Factor analysis and comprehensive evaluation of fruit quality traits of introduced fig cultivars[J]. Food Science, 2018, 39(1): 106-111. (in Chinese with English abstract)
- [24] 吴澎, 贾朝爽, 范苏仪, 等. 樱桃品种果实品质因子主成分分析及模糊综合评价[J]. 农业工程学报, 2018, 34(17): 291-300.  
Wu Peng, Jia Chaoshuang, Fan Suyi, et al. Principal component analysis and fuzzy comprehensive evaluation of fruit quality in cultivars of cherry[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2018, 34(17): 291-300. (in Chinese with English abstract)
- [25] Kurtanek Z, Horvat D, Magdic D, et al. Factor analysis and modelling for rapid quality assessment of croatian wheat



- cultivars with different gluten characteristics[J]. Food Technology and Biotechnology, 2008, 46(3): 270-277.
- [26] 董星光, 田路明, 曹玉芬, 等. 我国南方砂梨主产区主栽品种果实品质因子分析及综合评价[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 815-822.
- Dong Xingguang, Tian Luming, Cao Yufen, et al. Factor analysis and comprehensive evaluation of fruit quality in cultivars of *Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) Nakai from south China[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(5): 815-822. (in Chinese with English abstract)
- [27] Chaïb J, Devaux M F, Grotte M G, et al. Physiological relationships among physical, sensory, and morphological attributes of texture in tomato fruits[J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 58(8): 1915-1925.
- [28] Bojarian M, Asadi-Gharneh H A, Golabadi M. Factor analysis, stepwise regression and path coefficient analyses of yield, yield-associated traits, and fruit quality in tomato [J]. International Journal of Vegetable Science, 2019, 25(6): 542-553.
- [29] 孙亚强, 吴翠云, 王德, 等. 野生酸枣资源果实品质因子分析及评价指标选择[J]. 食品科学, 2016, 37(9): 29-34.
- Sun Yaqiang, Wu Cuiyun, Wang De, et al. Selection of quality indicators and factor analysis for fruit quality evaluation of *Ziziphus Jujuba* var. *spinosa* germplasms[J]. Food Science, 2016, 37(9): 29-34. (in Chinese with English abstract)

## Comprehensive evaluation of fruit quality traits of local pear cultivars in Xinjiang Region of China

Muhtar Zari, Abduxukur Yakup, Mahmut Ablat, Gulmira Kakix, Kadir Esah

(1. Institute of Economic Forestry, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830063, China; 2. Key Laboratory of Forest Resources and Utilization in Xinjiang of National Forestry and Grassland Administration, Urumqi 830020, China; 3. Key Laboratory of Fruit Tree Species Breeding and Cultivation in Xinjiang, Urumqi 830054, China)

**Abstract:** Xinjiang Autonomous Region has been the main pear producing area in China, due to the unique climate conditions. The types and tastes of local pear cultivars have brought rich germplasm resources to maintain the genetic diversity of pear under the climatic changes and the evolving demand of a market. A *Pyrus sinkiangensis* Yü belonging to Pomaceae of Rosaceae is the major component of oriental pears. However, a simplex pear variety has become an increasingly prominent issue in recent years. In particular, Korla fragrant pear with relatively concentrated market time cannot meet the ever-increasing high demand for diversified pear variety. Therefore, it is necessary to breed local pear varieties with different maturity, diversified taste, and individualization for better sustainable development of characteristic forest and fruit industry in Xinjiang. In this study, a quality evaluation model was established for 8 types of local pear cultivars using factor analysis. Eight types of test materials included 'Piqan red pear', 'Piqanujula', 'Piqanpock marked yellow pear', 'late-maturing tax pear', 'Piqan early-maturing jujula', 'Nogay pear', 'Yaglik pear', and 'Kuqajujula'. 14 internal and external indexes of fruit quality were selected to determine the comprehensive quality score. The results showed that there were great differences in the variation coefficient of 14 fruit quality indexes in 8 types of local pear cultivars, where the maximum variation coefficient was the color difference value  $a^*$  (red-green difference) of 225.40%. There were the medium variation coefficients of single fruit weight, fruit longitudinal diameter, fruit core weight, color difference value  $L^*$ , fruit hardness, total acid content, and sugar-acid ratio, ranging from 20.0% to 45.0%. Furthermore, relatively small variation coefficients (<20.0%) were found in the rest of the fruit quality indexes. There were also different levels of correlation among the fruit quality indexes. Additionally, a factor analysis was utilized to extract four common factors with eigenvalues greater than 1, where the cumulative variance contribution rate was 88.90%. Specifically, the contribution rate of the first common factor was 31.15%, which was mainly determined by the fruit longitudinal diameter, single fruit weight, fruit core weight, fruit transverse diameter, and fruit shape index, indicating the fruit size, core size, and fruit shape. The contribution rate of the second common factor was 23.31%, which was determined by the sugar-acid ratio, fruit firmness, sugar content, and total acid content, indicating the taste quality and the strength of transportation. The third common factor accounted for 18.29%, which was determined by the color difference value  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$ , representing the color difference level of the fruit surface. The contribution rate of the fourth common factor was 16.15%, which was determined by the edible rate and the length of the fruit stalk, reflecting the size of the edible part and the wind resistance of the fruit. An excellent level order of 8 local pear cultivars was achieved in the quality evaluation model: 'Nogay pear', 'Yaglik pear', 'Kuqajujula', 'Piqanpock marked yellow pear', 'Piqanujula', 'Piqan red pear', 'Piqan early-maturing jujula', and 'late-maturing tax pear'. The results provide reference for rational application and scientific popularization of local pear cultivars in Xinjiang.

**Keywords:** fruit; quality control; local pear in Xinjiang; factor analysis; comprehensive evaluation