

邵旭鹏, 李霖华, 沈琦, 等. 新疆吐鲁番地区不同品种甜瓜营养成分分析及品质综合评价 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(13): 358–365.
doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090009

SHAO Xupeng, LI Meihua, SHEN Qi, et al. Analysis of Nutritional Components and Comprehensive Evaluation of Quality of Different Varieties of Muskmelon in Turpan, Xinjiang [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(13): 358–365. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090009

· 营养与保健 ·

新疆吐鲁番地区不同品种甜瓜营养成分分析及品质综合评价

邵旭鹏^{1,2,3,4}, 李霖华⁵, 沈琦^{1,2,3,4}, 范盈盈^{1,2,3}, 方晓彤^{1,2,3,4}, 王成^{2,3,6,*}, 刘峰娟^{1,2,3,4,*}

(1.新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所, 新疆乌鲁木齐 830091;

2.农业农村部农产品质量安全风险评估实验室, 新疆乌鲁木齐 830091;

3.新疆农产品质量安全重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830091;

4.新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆乌鲁木齐 830052;

5.新疆农业科学院哈密瓜研究中心, 新疆乌鲁木齐 830091;

6.新疆农业科学院科研管理处, 新疆乌鲁木齐 830091)

摘要:以新疆吐鲁番地区种植的 8 个甜瓜品种(纳斯蜜、花玫、风味 5 号、风味 8 号、西州密 17 号、西州密 25 号、比谢克辛、俊秀)的成熟果实为试材, 通过测定主要的营养品质指标及功能活性指标, 对甜瓜果实品质进行比较及综合评价。结果表明, 8 个不同品种甜瓜果实品质之间有较为明显的差异, 纳斯蜜的维生素 C、可溶性固形物、可溶性蛋白质、蔗糖、果糖、葡萄糖的含量较高; 花玫的果肉较硬, 且厚度宽、果形指数高; 风味系列的两种甜瓜类黄酮含量高、DPPH、ABTS 自由基清除率较其他甜瓜大; 俊秀的单果重最高, 维生素 C 含量最低; 其他品种甜瓜的含量处于平均水平。主成分分析结果表明, 可将评价甜瓜果实品质的指标用 4 个因子表示, 可溶性固形物、维生素 C、总酚、ABTS 自由基清除率、柠檬酸、葡萄糖、果糖、葡萄糖和果形指数的含量可作为其营养价值评价的重要指标; 通过聚类分析, 将 8 个不同品种的甜瓜分为 4 大类, 第 1 类为‘风味 8 号’和‘风味 5 号’, 具有酸甜风味; 第 2 类为‘西州密 17 号’、‘西州密 25 号’、‘比谢克辛’和‘纳斯蜜’, 具有较高的营养价值; 第 3 类为‘花玫’, 果形指数最好; 第 4 类为‘俊秀’, 单果重与其他品种比较具有明显优势。综合评价显示‘纳斯蜜’果实品质最优, ‘西州密 25 号’、‘花玫’、‘风味 5 号’和‘比谢克辛’较优, 其余品种品质较差。

关键词:甜瓜, 营养品质, 主成分分析, 聚类分析, 不同品种

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)13-0358-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020090009

Analysis of Nutritional Components and Comprehensive Evaluation of Quality of Different Varieties of Muskmelon in Turpan, Xinjiang

SHAO Xupeng^{1,2,3,4}, LI Meihua⁵, SHEN Qi^{1,2,3,4}, FAN Yingying^{1,2,3}, FANG Xiaotong^{1,2,3,4},
WANG Cheng^{2,3,6,*}, LIU Fengjuan^{1,2,3,4,*}

(1. Institute of Agricultural Quality Standard and Testing Technology, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China;

2. Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment of Agricultural Products of Rural Ministry of Agriculture, Urumqi 830091, China;

收稿日期: 2020-09-03

基金项目: 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-25); 农产品质量安全与优质化业务技术委托任务(CSQA-2020-05-13); 自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助项目(KY2020108); 新疆维吾尔自治区天山雪松计划(2017XS07); 自治区天山英才工程培养项目; 新疆特色果品中多种农药残留检测技术研究(201517106)。

作者简介: 邵旭鹏(1997-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 农产品质量与安全, E-mail: 1763993706@qq.com。

* **通信作者:** 王成(1971-), 男, 博士, 二级研究员, 研究方向: 农产品质量与安全, E-mail: wangcheng312@sina.com。

刘峰娟(1985-), 女, 博士, 副研究员, 研究方向: 农产品质量与安全, E-mail: liufengjuan2050@1236.com。

3. Xinjiang Key Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products, Urumqi 830091, China;
4. College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;
5. The Research Center of Hami-melon, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China;
6. Administration of Scientific Research, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China)

Abstract: The mature fruits of 8 melon varieties grown in Turpan, Xinjiang (Nasmi, Huamei, Weifang No. 5, Weifang No. 8, Xizhou Mi No. 17, Xizhou Mi No. 25, BixieKexin and Junxiu) were used as test materials. By measuring the main nutritional quality indicators and functional activity indicators, the quality of melon fruit was compared and comprehensively evaluated. The results showed that there were obvious differences in the fruit quality of the 8 different varieties of melons. Nasmi had higher content of vitamin C, soluble solids, soluble protein, sucrose, fructose, and glucose; the flesh of Huamei is hard, and wide thickness and high fruit shape index; the two melons of the flavor series had high flavonoid content, DPPH and ABTS free radical scavenging rate than other melons; Junxiu had the highest single fruit weight and the lowest vitamin C content; other varieties of melons had the average content. Principal component analysis showed that the quality of melon fruit could be evaluated by four factors. The content of soluble solids, vitamin C, total phenols, ABTS free radical scavenging rate, citric acid, glucose, fructose, glucose and fruit shape index could be used as An important index for the evaluation of its nutritional value; through cluster analysis, 8 different varieties of melons are divided into 4 categories, the first category was 'Flavor 8' and 'Flavor 5', which had a sweet and sour flavor; the second category was 'Xizhou Mi No. 17', 'Xizhou Mi No. 25', 'BixieKexin' and 'Nasmi', which had high nutritional value; the third category was 'Huamei', with the best fruit shape index; The fourth category was 'Junxiu', and its weight per fruit had obvious advantages compared with other varieties. The comprehensive evaluation showed that 'Nasimmi' had the best fruit quality, 'Xizhou Mi 25', 'Hua Mei', 'Flavour No. 5' and 'BixieKexin' were better, and the other varieties were of poor quality.

Key words: melon; nutritional quality; principal component analysis; cluster analysis; different species

甜瓜属于葫芦科甜瓜属,一种蔓性草本植物,其果实香甜,营养物质含量丰富,口味独特,是深受我国消费者喜爱的水果之一^[1]。甜瓜果实中富含有机酸、可溶性固形物、糖、维生素 C 等物质,除此之外,还含有一些功能性物质,如类黄酮、总酚等,具有抗癌、抗氧化、抗炎的作用^[2-5]。目前,对甜瓜采后贮藏^[6]、鲜切处理^[7]、栽培技术^[8]、产量提升^[9]、营养成分^[10]报道较多。王佳豪等^[11]测定了不同品种‘羊角脆’类甜瓜的营养品质并进行了综合评价,潘好斌等^[12]测定了不同薄皮甜瓜成熟期的质地品质,黄倩等^[13]测定了北京地区不同品种甜瓜的维生素 C、可溶性固形物、可溶性糖等营养品质,胡国智等^[14]对不同施肥量的甜瓜风味品质进行了测定分析。现有研究主要对甜瓜部分营养物质或不同处理引起甜瓜成分变化进行研究,缺乏不同品种甜瓜营养品质评价的较为系统的研究。

本实验通过测定新疆吐鲁番地区种植的甜瓜俊秀、西州密 17 号、西州密 25 号、风味 5 号、风味 8 号、比谢克辛、纳斯蜜、花玫 8 个不同品种的单果重、纵横径、果肉厚、硬度、可溶性固形物、维生素 C、可溶性蛋白质、葡萄糖、蔗糖、果糖、柠檬酸、苹果酸、丁二酸、富马酸等 14 个常规营养指标以及总酚、类黄酮、对 DPPH 及 ABTS 自由基清除率,并通过主成分分析、系统聚类分析,建立了甜瓜综合品质评价体系,以期对甜瓜选育及优质甜瓜筛选提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

实验甜瓜(纳斯蜜、花玫、西州密 17 号、西州密 25 号、风味 5 号、风味 8 号、比谢克辛、俊秀)均统一种植于新疆农业科学院吐鲁番所实验基地,尽量避免其他因素如光温条件、施肥条件、肥水管理等对甜瓜果实品质的影响,使得品种差异是影响甜瓜品质的主要因素。在甜瓜成熟期,随机挑选成熟度适中,无病虫害的各品种甜瓜分别 20 个,于 24 h 内运回新疆农业科学院农业质量标准与检测技术研究所实验室,运回后,对其中 10 个甜瓜马上测量其可溶性固形物、纵横径、重量等生理指标,其余甜瓜根据四分法切分后,全果打浆处理置于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱冷藏,待测;抗坏血酸 分析纯,郑州市化学试剂三厂;浓盐酸、氢氧化钠、酒石酸钾钠、硫酸、硫酸铜、磷酸等分析纯,天津市致远化学试剂有限公司;甲醇、乙腈、无水乙醇 色谱纯,美国 Fisher Scientific 公司;2,2-联氮双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐(ABTS)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)分析纯,安宝科学仪器(上海)有限公司;果糖、葡萄糖、蔗糖、苹果酸、柠檬酸、富马酸等 色谱纯,上海山浦化工有限公司。

DW-86W100 医用低温保存箱(海尔) 青岛海尔特种电器有限公司;ST-16gR 高速冷冻离心机 Thermo Fisher Scientific Thermo electron led gmbh (德国);UV-2700 紫外分光光度计 SHIMADZU-shimadzu corporation(日本);HHH.S11-6 电热恒温

水浴锅 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; Model XSE204 分析天平 METTLER TOLEDO(瑞士); Waters2695 型高效液相色谱仪 美国 Waters 公司; BSA223s 型电子天平 美国赛多利斯公司; GY-4 数显水果硬度计 温州韦度电子有限公司; LB20T 手持式糖度计 广州市速为电子科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 果实外观品质测定 随机挑选 10 个甜瓜果实, 使用电子天平称量其单果重; 沿瓜赤道部位切开, 在横切面上选取 6 个点测量果实硬度, 使用硬度仪测量硬度; 利用直尺测量甜瓜纵横径以及果肉的厚度, 果形指数由如下公式计算:

$$\text{果形指数} = \frac{\text{果实纵径(cm)}}{\text{果实横径(cm)}}$$

1.2.2 果实营养品质及功能指标的测定

1.2.2.1 可溶性固形物含量的测定 采用手持糖度计测定, 取 5.0 g 甜瓜果实研磨后, 过滤后取汁测定。

1.2.2.2 维生素 C 含量的测定 使用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定^[13], 称取 10.0 g 甜瓜样品置于研钵中, 加入少量 2% 草酸溶液, 在冰浴条件下研磨成浆状, 转入到 100 mL 容量瓶中, 用 2% 草酸液冲洗研钵后, 亦倒入容量瓶中, 再用 2% 草酸溶液定容至刻度, 摇匀、提取 10 min 后, 过滤收集溶液备用。用移液器吸取 10.0 mL 滤液置于 100 mL 的三角瓶中, 用已标定的 2,6-二氯酚靛酚溶液滴定至出现微红色, 且 15 s 不褪色为止, 记下染料的用量。同时, 以 10.0 mL 2% 草酸溶液作为空白按同样方法进行滴定, 重复三次。2,6-二氯酚靛酚溶液的标定: 取 10.0 mL 标准抗坏血酸溶液于锥形瓶中, 用 2,6-二氯酚靛酚溶液滴定至微红色, 15 s 不褪色即为终点, 根据消耗的 2,6-二氯酚靛酚溶液的量计算出每 1 mL 染料溶液相当的抗坏血酸毫克数(重复三次, 取平均值)。

1.2.2.3 可溶性蛋白含量的测定 使用紫外吸收法测定^[13], 以牛血清蛋白为标准品, 制作标准曲线, 得到回归方程: $y=0.1128x+0.0057$, $R^2=0.995$; 称取 2.0 g 甜瓜样品, 加入 5.0 mL 蒸馏水, 研磨成匀浆后, 于 4 ℃、12000×g 离心 20 min, 收集上清液即为可溶性蛋白质提取液, 低温保存备用, 将提取液倒入石英比色皿中, 于 280 nm 波长测定其吸光度值, 根据标准曲线计算可溶性蛋白质含量。

1.2.2.4 酚类物质类黄酮及总酚含量的测定 使用紫外比色法测定^[15], 称取 2.0 g 甜瓜样品, 加入少许经预冷的 1% HCl-甲醇溶液, 在冰浴条件下研磨成匀浆, 转入 20 mL 刻度试管中。用 1% HCl-甲醇溶液冲洗研钵, 一并转移到试管中, 定容至刻度, 混匀, 于 4 ℃ 避光提取 20 min, 期间摇动数次。然后过滤, 收集滤液待用。以 1% HCl-甲醇溶液作空白参比调零, 取滤液分别于波长 280 nm 和 325 nm 处测定溶液的吸光度值, 重复三次。以每克鲜重果蔬组织在波长

280 nm 处吸光度值表示总酚含量, 即 $OD_{280 \text{ nm}}/\text{g FW}$; 在波长 325 nm 处吸光度值表示类黄酮物质含量, 即 $OD_{325 \text{ nm}}/\text{g FW}$ 。

1.2.2.5 ABTS 和 DPPH 自由基清除率测定 参考 Larrauri^[16] 的方法。a. DPPH 自由基清除率的测定: 准确称取 25 mg DPPH, 用无水乙醇定容至 50 mL, 制成的 DPPH 溶液浓度为 0.5 g/mL, 量取此溶液 24 mL, 无水乙醇定容至 100 mL 制成浓度为 0.12 g/mL 的 DPPH 溶液。吸 3.8 mL DPPH 溶液(0.12 g/mL)于试管中, 加入 200 μL 待测液, 摇匀后, 置于黑暗室温下放置 30 min, 在 517 nm 处测定吸光值, 同时以 200 μL 无水乙醇代替待测液做空自对照。DPPH 自由基清除率 (%) = $\left(1 - \frac{A_i}{A_f}\right) \times 100$ 式中: A_i 为 1 mL 酶液与 3.8 mL DPPH 混合液吸光度; A_f 为 1 mL 无水乙醇与 3.8 mL DPPH 混合液吸光度。

b. ABTS 自由基清除率的测定: ABTS 原液 10 mL (7 mmol/L) 与过硫酸钾 179 μg (140 mmol/L 在室温黑暗环境中反应 16 h 生成 ABTS 自由基阳离子), 将准备好的 ABTS 混合液用去离子水稀释至在 734 nm 处分光光度计分光度值为 0.700 ± 0.050 。然后吸取 0.1 mL 的样品加入 3.9 mL 的 ABTS 稀释液, 摇匀, 在避光室温条件下反应 6 min, 然后在 734 nm 处测吸光值。ABTS 自由基清除率 (%) = $\left(1 - \frac{A_i}{A_0}\right) \times 100$ 式中: A_i 为 0.1 mL 提取酶液和 3.9 mL ABTS 工作液吸光度; A_0 为 0.1 mL 磷酸缓冲液和 3.9 mL ABTS 工作液吸光度。

1.2.2.6 糖酸组分的测定 柠檬酸、苹果酸、酒石酸等有机酸和葡萄糖、蔗糖、果糖等糖类物质含量的测定方法均为液相色谱法^[17]。

1.3 数据处理

采用 Excel 2019 进行数据统计分析, 指标的均值间比较均用 Duncan 新复极差法进行差异显著性分析 ($P < 0.05$)^[18], 所有的指标测定均有三次重复, 结果用测定指标的平均值 ± 标准误差表示, 使用 SPSS 20.0 软件进行主成分分析^[19] 和系统聚类分析^[20], SIMCA 14.1 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 不同品种甜瓜果实外观品质分析

由表 1 可知, 不同品种甜瓜的物性指标存在差异。八种甜瓜的单果重分布为 0.696~2.069 kg, 其中甜瓜俊秀的单果重最高, 单果重最低的为风味 5 号, 比谢克辛、风味 8 号单果重低于 1 kg, 其他品种甜瓜均介于 1~2 kg 之间, 品种对单果重的影响差异显著 ($P < 0.05$)。八种甜瓜的硬度在 2.74~4.55 N/cm² 之间, 其中甜瓜花玫硬度最高, 风味 8 号、西州密 25 号的硬度大于 4 N/cm², 比谢克辛硬度最低为 2.74 N/cm²。根据果形指数可发现, 研究的 8 个甜瓜果实指数均大于 1, 表明 8 个品种甜瓜均呈现椭圆或长圆形, 其中甜瓜比谢克辛和风味 8 号的果形指数较低分别为

表 1 不同品种甜瓜物性指标比较

Table 1 Comparison of physical properties of different varieties of melon

品种	纵径(cm)	横径(cm)	肉厚(cm)	果形指数	硬度(N/cm ²)	单果重(kg)
纳斯蜜	19.8±0.12 ^{bc}	13.5±0.01 ^{cd}	3.9±0.02 ^{bc}	1.46±0.12 ^{bc}	3.81±0.03 ^e	1.721±0.13 ^{de}
花玫	20.1±0.09 ^b	13.2±0.05 ^d	4.6±0.05 ^a	1.54±0.08 ^a	4.55±0.05 ^{ab}	1.993±0.15 ^{bc}
风味5号	14.5±0.05 ^f	10.1±0.09 ^e	2.9±0.03 ^{sh}	1.44±0.04 ^e	3.91±0.02 ^{de}	0.696±0.09 ^b
风味8号	15.5±0.09 ^e	12.3±0.06 ^f	3.2±0.01 ^{def}	1.29±0.09 ^{fg}	4.22±0.08 ^{bc}	0.865±0.09 ^e
西州密17	20.1±0.11 ^{ab}	14.3±0.13 ^b	3.3±0.02 ^{def}	1.40±0.10 ^{de}	3.35±0.07 ^e	1.946±0.11 ^{cd}
西州密25	19.3±0.07 ^d	13.9±0.09 ^{bc}	3.1±0.02 ^{def}	1.39±0.05 ^e	4.11±0.05 ^{cd}	1.685±0.07 ^e
比谢克辛	15.8±0.05 ^e	12.4±0.08 ^{ef}	2.7±0.01 ^h	1.27±0.03 ^g	2.74±0.06 ^h	0.921±0.02 ^{fg}
俊秀	20.5±0.14 ^a	14.8±0.10 ^a	3.5±0.03 ^{cd}	1.39±0.11 ^e	3.14±0.03 ^f	2.069±0.16 ^{ab}

注: 同列不同字母代表差异显著($P<0.05$); 表2、表3同。

1.27、1.29, 与其他甜瓜果形指数呈现显著性差异($P<0.05$)。从果肉厚度看, 花玫果肉最厚, 为 4.6 cm, 比谢克辛最薄, 为 2.7 cm。

2.2 不同品种甜瓜果实营养价值及抗氧化活性分析

由表 2 可知, 可溶性固形物在本研究的 8 个甜瓜品种中差异显著($P<0.05$): 纳斯蜜可溶性固形物含量最大, 其次为比谢克辛、花玫、西州密 25 号, 其余甜瓜可溶性固形物含量小于 15%, 风味 8 号的可溶性固形物的含量最小, 为 9.3%, 显著低于其他品种($P<0.05$); 维生素 C 在人体中有很大的作用, 可以预防多种疾病^[21], 在 8 个不同品种甜瓜中, 维生素 C 的含量差异显著($P<0.05$), 其中纳斯蜜含量最高, 每 100 g 的果实中有 18.9 mg 维生素 C, 其次西州密 25 号果实中也有较多的维生素 C, 为 16.6 mg/100 g, 而甜瓜俊秀、花玫中分别只有 3.77、6.66 mg/100 g 维生素 C, 其余甜瓜维生素 C 含量均大于 10 mg/100 g。蛋白质作为人体必需的营养素之一, 在甜瓜中也有较大的含量, 甜瓜纳斯蜜、花玫的含量较多, 分别为 27.71、27.41 $\mu\text{g/mL}$, 是最低风味系列甜瓜的 25 倍, 二者与其他品种甜瓜差异显著($P<0.05$); 不同品种类黄酮含量在 0.093~0.341 $\text{OD}_{325 \text{ nm}}/\text{g FW}$ 之间, 其中风味 8 号含量最高, 为 0.341 $\text{OD}_{325 \text{ nm}}/\text{g FW}$, 与其他甜瓜有着显著差异($P<0.05$), 甜瓜西州密 25 号类黄酮含量最低, 为 0.093 $\text{OD}_{325 \text{ nm}}/\text{g FW}$; 总酚含量在不同品种甜瓜间差异显著($P<0.05$), 在 0.354~0.454 $\text{OD}_{280 \text{ nm}}/\text{g FW}$ 之间, 最高为花玫, 最低为西州密

25 号; DPPH、ABTS 自由基清除率是衡量果实抗氧化活性的指标, 从表中可以看出, DPPH 自由基清除率最高的甜瓜品种是风味 5 号, 为 40.52%, 其次为风味 8 号, 为 39.58%, 与其他品种有着显著差异($P<0.05$), 最低的为西州密 17 号, 有 23.74% 的清除率。ABTS 自由基清除率中最高的是风味 5 号及风味 8 号, 分别为 48.91%、45.19%, 与其余甜瓜也呈现出显著差异($P<0.05$), 最低的是甜瓜花玫, 为 29.18%。

2.3 不同品种甜瓜果实糖酸组分分析

糖酸含量是形成果品营养价值和风味特点的重要基础物质^[22], 如表 3 所示, 在本研究的 8 种甜瓜中检测到的有机酸有苹果酸、柠檬酸、丁二酸、富马酸这四种, 其中富马酸的含量均小于 0.1 g/kg, 含量不多, 在西州密 25 号中有 0.0231 g/kg, 为 8 个品种中最高, 其次为纳斯蜜, 有 0.0178 g/kg 的富马酸, 均与其他甜瓜有着显著差异($P<0.05$); 柠檬酸含量最高的为风味 5 号有 4.75 g/kg, 其次为风味 8 号有 3.93 g/kg, 均显著高于($P<0.05$)其他品种甜瓜, 其中俊秀的柠檬酸含量最低, 为 0.07 g/kg, 较其他种类甜瓜低 40~68 倍; 苹果酸中含量最高的风味 5 号为 2.88 g/kg, 最低的比谢克辛为 0.52 g/kg, 在不同品种间也呈现出显著差异($P<0.05$); 丁二酸在甜瓜风味 5 号中含量最高, 高出最低甜瓜比谢克辛 5 倍。可溶性糖在甜瓜中检测到的主要为蔗糖、果糖、葡萄糖, 其中果糖是甜瓜甜度的直观表示, 在本研究的 8 个品种甜瓜中, 纳斯蜜果糖含量最高, 为 3.85 g/100 g, 高出最低

表 2 不同品种甜瓜果实营养品质及抗氧化活性

Table 2 Nutritional quality and antioxidant activity of different varieties of melon fruits

品种	可溶性固形物含量 (%)	维生素C含量 (mg/100 g)	可溶性蛋白质含量 ($\mu\text{g/mL}$)	类黄酮含量 ($\text{OD}_{325 \text{ nm}}/\text{g FW}$)	总酚含量 ($\text{OD}_{280 \text{ nm}}/\text{g FW}$)	DPPH自由基清除率 (%)	ABTS自由基清除率 (%)
纳斯蜜	18.2±1.25 ^a	18.9±1.60 ^a	27.71±2.11 ^a	0.182±0.01 ^c	0.371±0.05 ^{bc}	35.46±0.85 ^d	39.02±1.02 ^c
花玫	15.9±1.11 ^{cd}	6.66±1.21 ^f	27.41±1.98 ^a	0.188±0.02 ^c	0.454±0.02 ^a	37.61±1.10 ^c	29.18±0.88 ^e
风味5号	11.2±1.60 ^e	12.6±1.23 ^d	1.77±0.02 ^f	0.241±0.01 ^b	0.447±0.07 ^a	40.52±1.32 ^{ab}	48.91±2.12 ^a
风味8号	9.3±1.35 ^h	10.1±1.40 ^e	1.48±0.08 ^f	0.341±0.01 ^a	0.433±0.03 ^a	39.58±0.90 ^b	45.19±2.01 ^b
西州密17号	12.1±1.35 ^{ef}	12.8±1.62 ^d	20.57±1.35 ^c	0.121±0.06 ^e	0.377±0.07 ^{bc}	23.74±1.21 ^h	36.12±1.96 ^{de}
西州密25号	15.3±1.62 ^d	16.6±1.81 ^b	24.90±1.28 ^b	0.093±0.03 ^f	0.354±0.01 ^c	26.34±1.26 ^e	36.56±1.92 ^{de}
比谢克辛	16.5±1.20 ^{bc}	14.4±1.33 ^c	18.24±0.96 ^d	0.152±0.01 ^{de}	0.380±0.04 ^{bc}	30.32±0.99 ^f	35.36±1.52 ^e
俊秀	11.9±0.81 ^{ef}	3.77±0.54 ^g	8.73±0.45 ^e	0.246±0.01 ^b	0.446±0.02 ^a	31.04±1.35 ^{ef}	31.80±1.36 ^{fg}

表 3 不同品种甜瓜糖酸比较

Table 3 Comparison of sugar and acid of different varieties of melon

品种	苹果酸含量(g/kg)	柠檬酸含量(g/kg)	丁二酸含量(g/kg)	富马酸含量(g/kg)	蔗糖含量(g/100 g)	果糖含量(g/100 g)	葡萄糖含量(g/100 g)
纳斯蜜	2.69±0.13 ^{bc}	3.32±0.60 ^c	0.31±0.04 ^{bc}	0.0178±0.0002 ^b	4.52±0.35 ^a	3.85±0.12 ^a	4.26±0.11 ^a
花玫	1.39±0.04 ^f	2.99±0.01 ^{de}	0.18±0.01 ^{de}	0.0052±0.0004 ^d	1.67±0.03 ^b	3.15±0.02 ^b	3.24±0.01 ^e
风味5号	2.88±0.29 ^a	4.75±0.13 ^a	0.55±0.05 ^a	0.0021±0.0001 ^e	0.12±0.01 ^d	2.89±0.03 ^c	3.64±0.02 ^{bc}
风味8号	2.17±0.07 ^d	3.93±0.10 ^b	0.26±0.01 ^c	0.0011±0.0002 ^e	0.48±0.04 ^e	3.14±0.02 ^b	3.60±0.10 ^{bc}
西州密17号	1.51±0.02 ^{ef}	2.83±0.08 ^e	0.32±0.01 ^{bc}	0.0105±0.0005 ^c	0.17±0.03 ^d	1.95±0.03 ^e	0.22±0.01 ^f
西州密25号	2.50±0.12 ^c	3.38±0.05 ^e	0.12±0.02 ^e	0.0231±0.0004 ^a	0.62±0.02 ^c	2.44±0.07 ^d	2.14±0.09 ^d
比谢克辛	0.52±0.04 ^b	2.99±0.06 ^{de}	0.09±0.01 ^e	0.0021±0.0001 ^e	0.72±0.03 ^c	1.88±0.03 ^e	1.59±0.06 ^e
俊秀	1.05±0.05 ^s	0.07±0.02 ^f	0.11±0.06 ^e	0.0013±0.0001 ^e	0.53±0.03 ^c	2.77±0.02 ^c	3.09±0.02 ^e

甜瓜比谢克辛 1 倍,同样在不同品种间果糖含量呈现出显著差异($P<0.05$);葡萄糖纳斯蜜的含量也是最高,为 4.26 g/100 g,最低的西州密 17 号仅有 0.22 g/100 g 的葡萄糖,二者差异 18 倍;蔗糖含量同样也是品种纳斯蜜中最高,为 4.52 g/100g,与其他品种差异显著($P<0.05$),其次花玫有 1.67 g/100 g,其余甜瓜品种的蔗糖均小于 1 g/100 g。

2.4 不同品种甜瓜果实质主成分分析

由表 4 可知,利用主成分分析法对本研究数据进行分析,提取到 4 个主成分,累积的方差贡献率达到 89.409%,反映了绝大多数的原始数据信息。其中荷载矩阵的因子荷载值主要反映了甜瓜各营养品质指标对主成分荷载的相对大小和影响的方向^[17],如表 4 和表 5 所示,第 1 主成分的方差贡献率为 35.104%,其中荷载值较大的是富马酸、可溶性固形物、维生素 C 和可溶性蛋白质,均为正值且大于 0.8,荷载值较高为负值的指标为总酚,荷载值为-0.875,主要反映了甜瓜的内在品质,可称为内在品质因子;第 2 主成分在 ABTS 自由基清除率、柠檬酸和苹果酸上有着较大的荷载值且呈正向,方差贡献率为 26.730%,可称为抗氧化和风味因子;第 3 主成分主要在葡萄糖、果糖、蔗糖上有着较大的荷载值,方差贡献率为 19.032%,称为甜味因子;第 4 主成分中果形指数的荷载值较大,为 0.892,方差贡献率为 8.543%,称之为外观因子。

表 4 甜瓜品质评价因子的特征值和累积方差贡献率

Table 4 Characteristic values and cumulative variance contribution rate of melon quality evaluation factors

主成分	特征值	方差贡献率(%)	累积方差贡献率(%)
1	5.968	35.104	35.104
2	4.544	26.730	61.834
3	3.235	19.032	80.866
4	1.452	8.543	89.409
5	0.867	5.098	94.508
6	0.660	3.881	98.389
7	0.274	1.611	100.00

由图 1a 可知,不同品种甜瓜样品的区分效果较好,8 个实验样品数据点均分步于 95% 的置信区间内,将得分图分为 4 个象限,可以看到,不同品种甜瓜

表 5 主成分荷载矩阵

Table 5 Principal component load matrix

品质指标	成分			
	1	2	3	4
可溶性固形物含量(X_1)	0.826	-0.321	0.280	0.037
维生素C含量(X_2)	0.817	0.519	-0.007	-0.244
可溶性蛋白质含量(X_3)	0.817	-0.364	-0.019	0.363
类黄酮含量(X_4)	-0.759	0.182	0.531	-0.179
总酚含量(X_5)	-0.875	-0.081	0.339	0.258
DPPH自由基清除率(X_6)	-0.460	0.375	0.759	0.048
ABTS自由基清除率(X_7)	-0.221	0.906	0.129	-0.282
果形指数(X_8)	0.127	-0.038	0.264	0.892
硬度(X_9)	-0.060	0.403	0.335	0.690
单果重(X_{10})	0.267	-0.652	-0.112	0.625
苹果酸含量(X_{11})	0.183	0.808	0.283	0.331
柠檬酸含量(X_{12})	0.145	0.891	0.071	-0.015
丁二酸含量(X_{13})	-0.210	0.756	0.153	0.264
富马酸含量(X_{14})	0.857	0.150	-0.108	0.318
蔗糖含量(X_{15})	0.619	-0.106	0.715	0.142
果糖含量(X_{16})	0.022	0.179	0.894	0.349
葡萄糖含量(X_{17})	-0.172	0.201	0.923	0.124

分别位于不同的象限,甜瓜‘风味 5 号’分布于第一象限,与第 4 象限的‘风味 8 号’有着较好的聚集性,说明其含有的营养品质含量相近,但这两种甜瓜果实远离其他甜瓜,说明其营养品质含量差异较大;‘纳斯蜜’和‘西州密 25 号’位于第二象限;‘比谢克辛’、‘西州密 17 号’和‘俊秀’位于第三象限,其中‘比谢克辛’和‘西州密 17 号’有较好的聚集性;‘花玫’分别于 PC2 分隔线上,说明其分别特征主要受主成分 1 的影响。

由图 1b 可知,‘风味 5 号’和‘风味 8 号’中的 DPPH 自由基清除率、ABTS 自由基清除率、类黄酮、总酚和葡萄糖等含量较高,故分布于 PC1 正方向;‘纳斯蜜’中的蔗糖、维生素 C、苹果酸和蔗糖等含量较高,故分布于 PC2 正向;‘俊秀’的单果重最大,故分布于 PC2 负向,综上可得,正是这些营养品质含量的差异造成不同品种甜瓜样品之间的差异。

2.5 不同品种甜瓜果实质综合评价

为了消除不同单位及数据量纲的影响,对营养

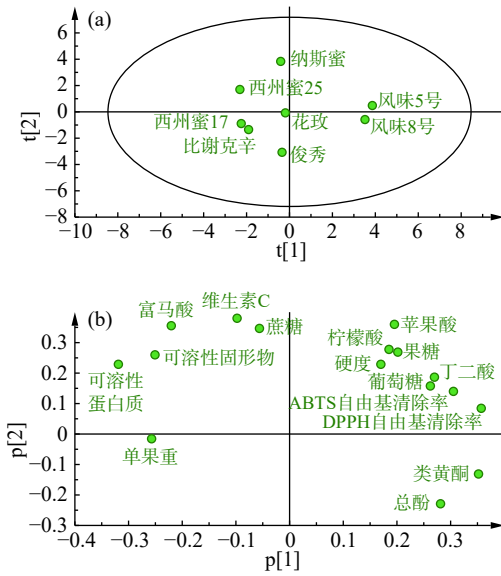


图 1 不同品种甜瓜的 PCA 得分图(a)和荷载图(b)

Fig.1 PCA score diagram (a) and load diagram (b) of different varieties of melon

品质等原始数据进行标准化处理,即处理完均值为 0,标准差为 1 的无量纲数据。根据标准化后的各品质指标及因子荷载矩阵计算个主成分得分,公式如下:

$$F_1 = 0.193X_1 + 0.208X_2 + 0.146X_3 - 0.119X_4 - 0.197X_5 - 0.056X_6 - 0.006X_7 - 0.031X_8 - 0.046X_9 - 0.008X_{10} + 0.040X_{11} + 0.049X_{12} - 0.050X_{13} + 0.159X_{14} + 0.168X_{15} + 0.032X_{16} + 0.009X_{17}$$

$$F_2 = -0.106X_1 + 0.139X_2 - 0.066X_3 - 0.029X_4 - 0.055X_5 + 0.016X_6 + 0.214X_7 + 0.015X_8 + 0.113X_9 - 0.126X_{10} + 0.212X_{11} + 0.237X_{12} + 0.203X_{13} + 0.083X_{14} - 0.092X_{15} - 0.029X_{16} - 0.042X_{17}$$

$$F_3 = 0.186X_1 + 0.033X_2 + 0.016X_3 + 0.171X_4 + 0.040X_5 + 0.214X_6 - 0.013X_7 - 0.049X_8 - 0.045X_9 - 0.068X_{10} - 0.030X_{11} - 0.060X_{12} - 0.085X_{13} - 0.064X_{14} + 0.298X_{15} + 0.262X_{16} + 0.299X_{17}$$

$$F_4 = -0.120X_1 - 0.160X_2 + 0.097X_3 - 0.112X_4 + 0.138X_5 - 0.053X_6 - 0.094X_7 + 0.390X_8 + 0.317X_9 + 0.275X_{10} + 0.148X_{11} + 0.020X_{12} + 0.168X_{13} + 0.117X_{14} - 0.116X_{15} + 0.023X_{16} - 0.078X_{17}$$

以 4 个主成分分别对应的方差贡献率占累积方差贡献率的比例作为权重,计算不同品种甜瓜的综合评价得分。

$$F_{\text{综}} = 0.326F_1 + 0.278F_2 + 0.233F_3 + 0.163F_4$$

根据综合评价模型计算不同甜瓜的得分并进行排序,如表 6 所示,综合得分越高表明综合品质越好。排名前三的是纳斯蜜、西州密 25 号、花玫,较其他甜瓜品种来说,这三种甜瓜综合品质较优,其中甜瓜纳斯蜜的得分远远大于其他甜瓜得分,最差的是甜瓜俊秀,表明其综合品质不如其他 7 种甜瓜。

2.6 不同品种甜瓜果品质聚类分析

利用系统聚类法对不同品种甜瓜的品质等指标

表 6 不同品种甜瓜果品质预测评价

Table 6 Prediction and evaluation of different varieties of melon fruit quality

品种	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F _综	排名
纳斯蜜	10.00	8.48	14.39	-5.53	8.07	1
花玫	6.37	5.18	12.96	-2.49	6.13	3
风味5号	2.56	13.50	11.74	-7.50	6.10	4
风味8号	1.72	12.11	11.44	-6.64	5.51	7
西州密17号	6.41	8.34	7.68	-3.63	5.61	6
西州密25号	8.47	8.64	9.80	-4.30	6.75	2
比谢克辛	7.02	7.90	10.64	-5.83	6.01	5
俊秀	2.34	6.04	10.18	-3.75	4.20	8

进行聚类分析,根据聚类分析结果,取遗传距离为 7.5,将 8 种甜瓜分为 4 类,如图 2 所示,第 1 类为风味 8 号和风味 5 号;第 2 类为西州密 17 号、西州密 25 号、比谢克辛及纳斯蜜;第 3 类为花玫;第 4 类为俊秀。其中第 1 类的 2 种甜瓜为特色甜瓜,除了甜之外,还有着酸的口感,其柠檬酸含量显著高于其他类甜瓜($P < 0.05$),苹果酸含量风味 5 号最高,风味 8 号也较高,DPPH、ABTS 自由基清除率显著高于其他甜瓜($P < 0.05$);第 2 类的 4 种甜瓜的维生素 C 含量均显著高于其余甜瓜($P < 0.05$),其他指标如可溶性固形物、可溶性蛋白质、葡萄糖等均有较高的含量。第 3 类果形指数、果肉厚度、硬度显著高于其他品种甜瓜($P < 0.05$);第 4 类甜瓜俊秀的单果重显著高于其他甜瓜($P < 0.05$),维生素 C 的含量最低。

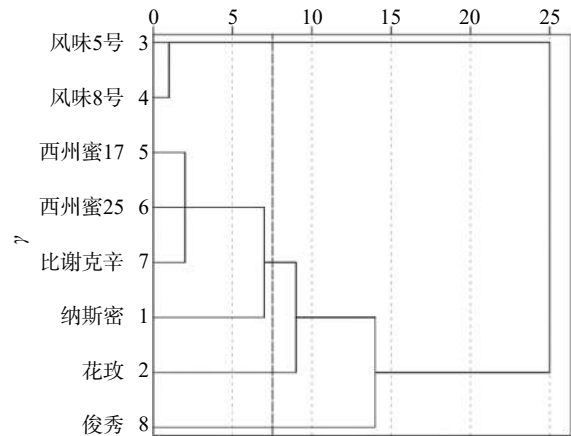


图 2 8 种甜瓜聚类分析

Fig.2 Cluster analysis of 8 melons

可以看出不同品种甜瓜品质等指标的聚类分析结果与主成分分析结果相近,较好的体现了甜瓜不同品种之间的差异性,因此,本研究采取系统聚类分析法是可行的,可为甜瓜种间差异分析、营养评价及挑选优良品种等提供实质的参考。

3 讨论与结论

甜瓜的果实品质是决定其是否有市场竞争力的重要因素,而富含生物活性的品种随着人们越来越重视自身保健,必将会成为消费者的首选,对于不同品

种甜瓜营养品质进行分析,能更好了解该品种品质的特性,对新品种选育乃至指导品种产业结构调整都有重要意义。

本研究测定的8个不同品种的甜瓜均种植于新疆农业科学院吐鲁番所基地,保证了8个甜瓜品种的生长环境、光温条件、海拔高度和水肥管理等相同,避免了其对甜瓜品质的干扰^[23],使得本研究所得到的大多数数据是由品种的品质特性决定的。对不同品种甜瓜营养品质测定,发现不同品种间多数指标均存在显著差异。古娜斯·叶尔肯等^[2]在对新疆甜瓜营养品质测定中,以‘风味8号’为试材,测定到其可溶性固形物含量为10.2%±1.23%,与本试验测定无较大的差异。黄月琼等^[24]以‘西州密17号’及‘西州密25号’等作为试材,比较不同品种甜瓜果实差异,结果表明其二种甜瓜果实中维生素C含量分别为4.43 mg/100 g、1.62 mg/100 g;而张敬敬等^[25]的结果表明这二种甜瓜维生素C的含量分别为9.49 mg/100 g、24.05 mg/100 g,均与本试验测定结果有着较大的差异,可能是由于产地^[26]、种植环境、温光条件以及采收期^[27]不同造成这种现象。潘好斌等^[12]对不同品种甜瓜的与质地有关的品质指标进行了测定,测定的14个与质地相关的品质指标中,除了弹性、水分质量分数之外,其他12个质地指标均在不同品种甜瓜中呈现出显著差异($P<0.05$),并对甜瓜的质地品质进行了综合评价,得到甜瓜‘玉美人’、‘彩虹七号’综合质地品质最优。

果实的糖酸组成是果实主要的内在品质,糖酸种类及含量与甜瓜风味紧密相关。在本研究中,发现甜瓜中主要的糖为蔗糖、果糖及葡萄糖,各品种间均有着较为显著的差异,8个品种中‘纳斯蜜’蔗糖、果糖及葡萄糖均为最高,分别为4.52、3.85和4.26 g/100 g。发现甜瓜中主要有机酸为苹果酸、柠檬酸、丁二酸和酒石酸,在本研究8个品种中‘风味5号’和‘风味8号’这两个具有酸甜口感的甜瓜的柠檬酸显著大于其他品种甜瓜($P<0.05$)。王乐乐^[28]对32份甜瓜种质主要品质性状评价分析,发现甜瓜中糖种类组成为蔗糖、果糖及葡萄糖,这与本研究一致。本研究还发现,不同品种间总酚和类黄酮含量也呈现出明显差异,显然是由不同品种遗传特性差异造成的。基于甜瓜各品种果实性状不同聚类分析将8个甜瓜品质聚为4类,发现糖酸含量、单果重和维生素C等含量的差异是聚为4类的主要影响因素。通过主成分分析将18个指标以4个因子代替,更清楚表现不同品种甜瓜的品质差异。

综上所述,不同品种的甜瓜在营养品质上有着较大的差异,根据本研究构建的综合评价模型,得到甜瓜‘纳斯蜜’最优,其次为‘西州密25号’和‘花玫’,其余甜瓜品种较差,这与基本营养成分、活性物质分析及抗氧化活性分析的结果一致。本研究结果可为甜瓜的品种选育及推广等提供一定的理论依据。

参考文献

- [1] 郭小鸥. 薄皮甜瓜果实成熟品质形成与蛋白质组学分析[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017.
- [2] 古娜斯·叶尔肯, 魏征, 王豪杰, 等. 新疆地区栽培5种甜瓜营养成分比较分析[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(6): 115-119, 125.
- [3] 刘文君, 齐秀玲, 高忠奎, 等. 厚皮甜瓜营养物质含量差异性和综合营养品质分析[J]. *北方园艺*, 2014(17): 34-36.
- [4] 盛云燕, 韩雨, 王霞. 不同甜瓜品种果实品质差异分析[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(19): 8097-8099.
- [5] 陈年来, 胡敏, 代春艳, 等. 诱抗处理对甜瓜叶片酚类物质代谢的影响[J]. *园艺学报*, 2010, 37(11): 1759-1766.
- [6] Ning M, Tang F, Zhang Q, et al. The quality of Gold Queen Hami melons stored under different temperatures[J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 243: 140-147.
- [7] Basharat Yousuf, Abhaya Kumar Srivastava, Saghir Ahmad. Application of natural fruit extract and hydrocolloid-based coating to retain quality of fresh-cut melon[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2020, 57(10): 1-12.
- [8] 张光伟. 不同嫁接法对厚皮甜瓜生长发育及生理特性的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2019.
- [9] Ma. del Rosario A J, Isidro E V, Rafael G M, et al. Development, yield, and quality of melon fruit (*Cucumis melo* L.) inoculated with mexican native strains of *Bacillus subtilis* (Ehrenberg)[J]. *Agrociencia*, 2018, 52(1): 91-102.
- [10] Nascimento C W, Nunes G H, Preston H A, et al. Influence of silicon fertilization on nutrient accumulation, yield and fruit quality of melon grown in Northeastern Brazil[J]. *Silicon*, 2020, 12(4): 937-943.
- [11] 王佳豪, 段雅倩, 卮兰春, 等. ‘羊角脆’类甜瓜果实品质因子分析及综合评价[J]. *中国农业科学*, 2019, 52(24): 4582-4591.
- [12] 潘好斌, 刘东, 邵青旭, 等. 不同品种薄皮甜瓜成熟期果实质地品质分析及综合评价[J]. *食品科学*, 2019, 40(21): 35-42.
- [13] 黄倩, 杭吟溪, 刘中华, 等. 北京地区不同品种甜瓜营养品质分析[J]. *北京农学院学报*, 2018, 33(3): 40-43.
- [14] 胡国智, 熊韬, 冯炯鑫, 等. 施肥对甜瓜风味物质的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2020, 38(2): 93-98.
- [15] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [16] Larrauri J A, Sanchezmoreno A C, Sauracalixto F, et al. Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, 46(7): 2694-2697.
- [17] 刘伟, 张群, 李志坚, 等. 不同品种黄花菜游离氨基酸组成的主成分分析及聚类分析[J]. *食品科学*, 2019, 40(10): 243-250.
- [18] 程婷婷, 惠小涵, 尚欣欣, 等. 10个产地莲藕营养成分分析与品质综合评价[J/OL]. *食品工业科技*: 1-9[2020-10-15]. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020060110>.
- [19] 乔健, 马智玲, 魏长宾, 等. 湛江地区不同桑葚品种的品质比较[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(12): 264-268, 290.
- [20] Huang Y, Li W, Zhao L, et al. Melon fruit sugar and amino acid contents are affected by fruit setting method under protected cultivation[J]. *Scientia Horticulturae*, 2017, 214: 288-294.

- [21] Alam M K, Sams S, Rana Z H, et al. Minerals, vitamin C, and effect of thermal processing on carotenoids composition in nine varieties orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.)[J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2020, 92: 103582.
- [22] Hu Z Q, Wang H C, Hu G B, et al. Measurement of sugars, organic acids and vitamin C in litchi fruit by high performance liquid chromatography[J]. *Journal of Fruit Science*, 2005, 93(4): 89-93.
- [23] 何伟忠, 韦凯丽, 华震宇, 等. 不同品种西瓜营养质量的差异及评价指标[J]. *新疆农业科学*, 2019, 56(9): 1652-1658.
- [24] 黄月琼, 邓文, 李谈潇. 不同品种哈密瓜果实品质研究[J]. *东北农业大学学报*, 2015, 46(1): 41-46.
- [25] 张敬敬, 李冰, 高秀瑞, 等. 河北省不同厚皮甜瓜品种的品质测定与综合评价[J]. *黑龙江农业科学*, 2018(4): 116-118.
- [26] Lu Y, Guo S, Zhang F, et al. Comparison of functional components and antioxidant activity of *Lycium barbarum* L. fruits from different regions in China[J]. *Molecules*, 2019, 24(12): 2228.
- [27] Palmeri R, Parafati L, Arena E, et al. Antioxidant and antimicrobial properties of semi-processed frozen prickly pear juice as affected by cultivar and harvest time[J]. *Foods*, 2020, 9(2).
- [28] 王乐乐. 32 份甜瓜种质主要品质性状评价分析 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2019.