

云南香格里拉3个草莓品种的感官品质及耐储藏性对比分析

刘凯丽, 郑洪健, 黄敏, 袁崇峰, 刘院梅, 宁眺, 李晶*

(昆明学院 农学与生命科学学院 云南省高校都市型现代农业工程中心, 云南 昆明 650214)

摘要: 为寻找适宜在香格里拉地区种植且储存期较长的草莓品种, 以红颜、粉玉、妙香七号品种为研究对象, 采用大区试验方法, 测定其果实单果质量、横纵径和硬度, 并评价果实的感官品质。结果表明, 在3个品种中, 粉玉的平均单果质量及果实硬度最大, 果皮颜色更受消费者喜爱, 感官品质评分最高; 红颜和妙香七号在硬度及感官品质方面无明显差异, 但红颜的单果质量大于妙香七号。综上所述, 粉玉硬度较大, 储藏时间比其他两个品种长, 且品质优于红颜及妙香七号, 适合作为远销品种, 而红颜适合近距离销售。

关键词: 香格里拉; 草莓; 硬度; 感官品质; 耐储藏性

中图分类号: S668.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-5639 (2022) 03-0087-06

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2022.03.017

Comparative Analysis of Sensory Quality and Storage Tolerance of Three Strawberry Varieties in Yunnan Shangri La

LIU Kaili, ZHENG Hongjian, HUANG Min, YUAN Chongfeng, LIU Yuanmei, NING Tiao, LI Jing*

(Engineering Research Center for Urban Modern Agriculture of Higher Education in Yunnan Province,
School of Agriculture and Life Sciences, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214)

Abstract: In order to find strawberry varieties suitable for planting in Shangri La and with a long storage period, Hongyan, Fenyu and Miaoxiang 7 were selected as research objects. The single fruit weight, transverse and longitudinal diameter and hardness of the fruit were measured by large-scale test method, and the sensory quality of the fruit was evaluated. The data were statistically analyzed by Excel and SPSS software. The comprehensive evaluation result showed that among the three varieties, Pink Jade had the largest average fruit weight and hardness; its color was more popular than others and the sensory quality score was the highest. The difference of Hongyan and Miaoxiang 7 on hardness and sensory quality was not significant. However, the single fruit weight of Hongyan was significantly greater than that of Miaoxiang 7. To sum up, Pink Jade variety, with higher hardness, longer storage time and better quality is more suitable for remote sales, while Hongyan is suitable for close sales.

Key words: Shangri La; strawberry; hardness; sensory quality; storage tolerance

草莓 (*Fragaria ananassa* Duch.) 为多年生宿根浆果类水果, 属于蔷薇科草莓属^[1]。草莓在全世界栽培范围十分广泛, 其果实营养丰富^[2]、色泽艳丽、酸甜可口, 是水果中较为畅销的一种, 因此被称之为“水果皇后”^[3]。现阶段我国设施草莓

栽培的优良品种主要引种于日本和欧美。日本栽培的草莓品种虽然在贮运及抗病性方面不及欧美国家的草莓品种, 但其果实甜度高, 香气浓郁。而欧美国家栽培的草莓品种具有抗病性强、耐贮运、酸度较高、香味淡^[4]等特点。与其他水果相比较, 发

收稿日期: 2022-03-14

基金项目: 春城青年拔尖人才 (201914005)。

作者简介: 刘凯丽 (1992—), 女, 贵州黔西人, 在读硕士研究生, 主要从事资源利用与植物保护研究。

*通信作者: 李晶 (1979—), 男, 云南昆明人, 教授, 博士, 主要从事分子遗传育种研究, E-mail: 545503991@qq.com.

展设施草莓种植具有投资少、生长周期短、收益高等优势。因此,草莓种植在世界各地均得到广泛推广,其种植面积从 20 世纪 80 年代至今一直呈现稳步上升的趋势^[5]。

云南省迪庆藏族自治州香格里拉市处于海拔约 3 400 m 的高海拔地区。当地主要种植青稞、土豆、莴笋等农作物。香格里拉设施草莓的种植兴起于近几年,草莓品种主要包括红颜、章姬、粉玉、妙香七号和白玉等,种植面积逐年增加,且呈现不断扩大的趋势。设施草莓的种植和发展带动了当地农户收入的增长,但由于草莓的果实表皮比较嫩薄,果实相较于苹果、梨等水果硬度较低,在采摘及运输过程极易发生碰撞挤压而导致烂果。此外,由于成熟草莓果实的硬度较低,储藏时长受限^[6],导致草莓果实容易腐烂、不易储存。实际种植过程中,还存在种植户对不同品种草莓的差异了解不够而随意挑选品种,以及对草莓采摘标准理解不同而把握不好采摘期的问题。上述情况导致香格里拉草莓储藏及运输过程中烂果率较高,经济效益低于预期,严重打击了部分种植户的生产积极性。因此,本试验拟选取 3 个草莓品种,对其感官品质和耐储藏性进行客观评估、准确测量和综合分析,旨在为云南省香格里拉市的草莓种植户在种植品种选择和生产应用上提供数据参考和理论依据,从而提升该地区设施草莓栽培的经济效益,推动香格里拉高海拔草莓种植产业的健康持续发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料及地点

本试验所采用的材料主要来源于草莓匍匐茎上新长出的茎苗与草莓母株分离之后所形成的新的草莓植株,将上述草莓植株进行移栽种植后获得试验用果。为了保证试验顺利完成,试验选择结果较多的品种,主要有红颜、粉玉、妙香七号。

试验地位于云南省迪庆藏族自治州香格里拉市藏美庄园基地,试验地土质为沙壤土。采用传统的大棚种植模式,在大棚中从南到北起高垄并进行双行栽培,每垄的长度为 300 cm、株距为 15 cm、行距为 25 cm,每垄草莓植株定值 160 株左右,每个大棚定值 6 垄,将 3 个品种的草莓在同一时期定植于面积大小相同的 3 个大棚内。

1.2 试验设计

试验主要采用大区试验的方法开展相关试验研

究。试验地总面积为 1 440 m²,其中种植红颜品种为 480 m²,粉玉品种 480 m²,妙香七号品种 480 m²。田间管理按照当地大田常规管理措施统一进行。采摘果实时间为 2021 年 11 月 12 日,试验用果按照随机选择采收方式在 3 个大棚内随机摘取约 650 个草莓果实。

1.3 样品检测方法

草莓果实感官品质采用评分法^[7]进行评定。随机选取当地 20 名居民参与评分,主要选择 4 个感官品质指标进行评分,通过观察果实形状、色泽、整齐度及肉质,分别按照(1~100 分)的评分标准打分。将参评者给出的分数记录后求出平均值,并对最后得分进行离散程度分析。关于“了解消费者青睐哪种草莓果皮颜色”的问题,采用问卷调查法进行调研,在线上线下随机发放问卷共 120 份,收回有效问卷 114 份,根据有效数据分析并绘图。果实的口感采用直接品尝的方式进行评价并记录。

草莓果实的单果质量使用电子天平进行准确称量并记录。对同一果实 3 次称量结果的平均值作为该果实单果质量;果实的横、纵径采用数显的游标卡尺进行精准测量;草莓果实表面的颜色及形状,用眼睛直接观察并做相应记录。草莓果实大小的区分标准: m (单果) ≥ 15 g, R (纵径) ≥ 3.3 cm, R (横径) ≥ 2.2 cm 的果实视为大果,反之则为小果。

草莓果实的硬度采用指针水果硬度计 GY-2(乐清市爱德堡仪器有限公司)进行测量,对每个草莓果实的 3 个部位分别测量 3 次,取其平均值作为该部位硬度值。硬度测量的 3 个部位分别为顶部、中部和基部。选择测量点的标准为从草莓果实顶点向基部中心偏移纵径长度的 20% 处视为顶部测量点,相同方向偏移纵径长度的 50% 和 80% 处分别视为中部和基部测量点。测量用草莓果实保存于 5~20℃ 室温条件下,单果独立放置。

1.4 数据处理

采用 Excel 2010 和 SPSS 20.0 软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 果实感官品质比较

从表 1 可以看出,在 3 个草莓品种中,粉玉的

感官品质评分为最高, 其中最高分、最低分和平均分分别为 89.60, 81.60, 85.37 分, 均高于红颜(最高分、最低分和平均分分别为 86.10, 76.70, 80.82 分)和妙香七号(最高分、最低分和平均分分别为 83.80, 74.40, 79.63 分)。消费者对3个品种的感官品质评价为: 感官品质(粉玉) > 感官品质(红颜) > 感官品质(妙香七号)。

| 表 1 3 个草莓品种果实的感官品质评分 | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|
| 指标 | 粉玉 | 红颜 | 妙香七号 |
| 最高分 | 89.60 | 86.10 | 83.80 |
| 最低分 | 81.60 | 76.70 | 74.40 |
| 平均分 | 85.37 | 80.82 | 79.63 |
| 离散程度 | 2.66 | 3.01 | 2.93 |

2.2 果实外观比较

随机选择不同品种的草莓果实各 60 个进行外观形状检测。3 个品种的草莓果实在的外观形状方

面存在差异。如表 2 中所示, 红颜品种的果实形状呈圆锥形, 粉玉和妙香七号品种的果实形状呈长圆锥形。不同品种草莓果实的横纵径存在一定差异, 红颜果实的平均横径最长, 达到 3.83 cm, 其次是粉玉和妙香七号, 分别为 3.79 cm 和 3.70 cm; 妙香七号果实的平均纵径仅为 4.75 cm 明显小于其他两个品种, 而粉玉与红颜果实的平均纵径差异无统计学意义; 红颜的平均单果质量最大, 达到 29.21 g, 粉玉的平均单果质量略小于红颜, 而妙香七号的平均单果质量仅为 26.09 g, 明显小于其他两个品种。

红颜和妙香七号果实的表皮及果肉的颜色均为鲜红色, 粉玉品种的草莓果皮表面呈现为粉红色, 果肉呈白色。根据关于“了解消费者青睐哪种草莓果皮颜色”的问卷测试结果(图 1)可知, 粉色更受消费者喜爱。由此可见, 3 个参试草莓品种中粉玉的果皮颜色更受消费者欢迎。

| 表 2 3 个草莓品种果实外观比较 | | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|----|------|-----------|-----------|----------|
| 品种 | 果形 | 整齐度 | 果色 | 果肉颜色 | 果实平均横径/cm | 果实平均纵径/cm | 平均单果质量/g |
| 红颜 | 圆锥 | 整齐 | 鲜红 | 红 | 3.83 a | 5.03 a | 29.21 a |
| 粉玉 | 长圆锥 | 整齐 | 粉红 | 白 | 3.79 a | 4.99 a | 29.01 a |
| 妙香七号 | 长圆锥 | 整齐 | 鲜红 | 红 | 3.70 a | 4.75 b | 26.09 b |

注: 同列不同小写字母表示差异有统计学意义 ($p < 0.05$)。以下表同。

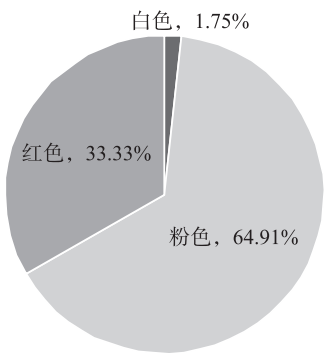


图 1 消费者对草莓颜色的评价

2.3 采摘期对草莓硬度及口感的影响

为了解采摘期对3个草莓品种果实硬度的影响, 随机采摘3个品种的草莓果实各60个。果实采摘标准为以果实9成着色的视为最佳采摘期的成熟果, 以果实7成着色的视为未成熟果。在本次试验的测量过程中发现, 有部分未成熟的草莓果实硬度相当大, 已经超过GY-2硬度计的最大量程。根据试验分析需求, 以硬度计最大量程(4×10^5 Pa)作为这些大硬度果实的硬度值。从表3可见, 成熟果相较于未成熟果, 其

顶部、中部、基部的硬度均较低, 且两者的硬度差异明显, 达到20%以上, 其中果实中部位置硬度差异最为显著, 达到 0.92×10^5 Pa。此外, 成熟果与未成熟果在口感上差异也较大, 成熟果酸甜适宜口感较好, 富有浓郁的香味, 未成熟果口感偏酸, 香味不足。

2.4 果实不同部位硬度比较

为了解3个草莓品种的果实不同部位硬度是否存在差异, 随机摘取3个品种的草莓成熟果(9成着色的果实)各60个用于测定不同部位的硬度。由表4可知, 3个品种草莓果实不同部位上的硬度差异有统计学意义。其中, 妙香七号品种果实不同部位的硬度大小顺序为: 硬度(基部) > 硬度(中部) > 硬度(顶部), 该品种的基部硬度值到达 2.80×10^5 Pa, 中部和顶部的硬度值分别为 2.76×10^5 Pa 和 2.41×10^5 Pa, 且差异有统计学意义; 粉玉品种果实的硬度在其顶部、中部和基部的排列顺序为: 硬度(基部) > 硬度(中部) > 硬度(顶部), 该品种的基部硬度值达到 3.19×10^5 Pa, 比中部高 0.16×10^5 Pa, 比顶部高 $0.19 \times$

10⁵ Pa, 基部的硬度与中部和顶部间的差异无统计学意义; 红颜品种果实的硬度在顶部、中部和基部间的差异无统计学意义, 不同部位的硬度值排列顺序为: 硬度 (基部) > 硬度 (中部) > 硬度 (顶部), 其中该果实在基部硬度值达 2.72 × 10⁵ Pa, 比中部高 0.03 × 10⁵ Pa, 比顶部高 0.05 × 10⁵ Pa.

表 3 不同采果期对草莓硬度和口感的影响

| 处理类型 | 样本数/个 | 硬度/(10 ⁵ Pa) | | | 口感 | 香气 |
|-----------|-------|-------------------------|--------|----------|------|----|
| | | 基部 | 中部 | 顶部 | | |
| 未熟采集 (A) | 32 | 3.50 | 3.58 | 3.47 | 酸 | 不足 |
| 成熟采集 (B) | 148 | 2.70 | 2.66 | 2.61 | 酸甜适中 | 浓 |
| B - A | | -0.80 | -0.92 | -0.86 | - | - |
| B 比 A ± % | | -0.24 | -0.26 | -0.23 | - | - |
| T 值 | | -9.789 | -9.352 | -7.716 * | - | - |

注: 表中的 * 表示差异有统计学意义 (p < 0.05).

表 4 3 个草莓品种不同部位硬度比较

| 品种 | 硬度/(10 ⁵ Pa) | | |
|------|-------------------------|--------|--------|
| | 顶部 | 中部 | 基部 |
| 红颜 | 2.67 a | 2.69 a | 2.72 a |
| 粉玉 | 3.00 b | 3.03 b | 3.19 b |
| 秒香七号 | 2.41 c | 2.76 a | 2.80 a |

2.5 储存时间对草莓硬度的影响

考虑到储存时间是表征草莓耐储藏性的重要指标, 采集 3 个品种各 90 个果实进行观测试验, 测试其硬度随时间的变化. 由表 5 可知, 在同一品种中, 果实大小不同, 其硬度也存在差异. 粉玉品种的大果其现采基部硬度值达到 3.23 × 10⁵ Pa, 比其小果的硬度值高 0.09 × 10⁵ Pa; 红颜大果的基部硬度值比小果高 0.2 × 10⁵ Pa. 而相反的是, 秒香七号品种的大果基部的硬度值比小果低 0.79 × 10⁵ Pa.

储存时间的不同将导致果实出现不同程度的细胞失水, 果实体内的汁液明显减少, 果肉紧缩, 口感变差, 果实的形状也会出现不同程度凹陷或萎蔫^[8]. 在 5 ~ 20 ℃ 的室温条件下, 3 个草莓品种果

实的硬度随存放时间变化见表 5. 现采摘红颜大果的硬度平均值为 2.8 × 10⁵ Pa, 粉玉大果的硬度平均值为 3.07 × 10⁵ Pa, 妙香七号大果的硬度平均值小于红颜和粉玉. 储存第一天的大果与现采大果在硬度平均值比较上的变化为: 红颜高出 0.08 × 10⁵ Pa, 粉玉高出 0.13 × 10⁵ Pa, 妙香七号高出 0.26 × 10⁵ Pa; 储存第二天, 3 个品种的草莓大果的硬度平均值都达到了整个储藏时期的最大值, 分别为红颜 3.07 × 10⁵ Pa, 粉玉 3.30 × 10⁵ Pa, 妙香七号 3.02 × 10⁵ Pa; 第三天, 草莓大果的硬度平均值均小于第二天的硬度平均值, 小果的硬度平均值变化趋势与大果相似, 均呈: 硬度平均值 (第二天) > 硬度平均值 (第一天) > 硬度平均值 (第三天), 3 个草莓品种的硬度在同样温度下随着贮藏时间的增加硬度值的变化为先增大后减小. 储藏 3 d 后粉玉品种的大果硬度平均值比红颜高 0.39 × 10⁵ Pa, 比妙香七号高 0.48 × 10⁵ Pa, 说明粉玉品种草莓果实的耐储藏及运输性能均优于其他 2 个品种, 更适合远距离运输.

表 5 不同品种和存储时间对草莓硬度的影响

| 存放 时间/d | 果实 分类 | 红颜 | | | 平均值 | 粉玉 | | | 平均值 | 秒香七号 | | | 平均值 |
|------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 顶端 | 中部 | 基部 | | 顶端 | 中部 | 基部 | | 顶端 | 中部 | 基部 | |
| 现采 | 大果 | 2.65 | 2.70 | 3.06 | 2.80 | 2.90 | 3.09 | 3.23 | 3.07 | 2.60 | 2.63 | 2.64 | 2.62 |
| | 小果 | 2.36 | 2.63 | 2.86 | 2.62 | 3.01 | 3.10 | 3.14 | 3.08 | 3.07 | 3.13 | 3.43 | 3.21 |
| 1 | 大果 | 2.69 | 2.84 | 3.10 | 2.88 | 3.12 | 3.14 | 3.34 | 3.20 | 2.80 | 2.80 | 3.03 | 2.88 |
| | 小果 | 2.38 | 2.73 | 2.94 | 2.68 | 3.13 | 3.20 | 3.24 | 3.19 | 3.16 | 3.42 | 3.45 | 3.34 |
| 2 | 大果 | 2.75 | 3.03 | 3.42 | 3.07 | 3.17 | 3.23 | 3.50 | 3.30 | 3.00 | 3.01 | 3.04 | 3.02 |
| | 小果 | 2.46 | 2.80 | 3.02 | 2.76 | 3.21 | 3.30 | 3.32 | 3.28 | 3.18 | 3.43 | 3.47 | 3.36 |
| 3 | 大果 | 2.33 | 2.67 | 3.04 | 2.68 | 3.03 | 3.04 | 3.13 | 3.07 | 2.54 | 2.55 | 2.67 | 2.59 |
| | 小果 | 2.40 | 2.53 | 2.61 | 2.51 | 2.97 | 2.97 | 3.09 | 3.01 | 2.97 | 3.06 | 3.45 | 3.16 |

3 综合评价

根据以上试验结果, 采用雷达图对3个品种的草莓进行综合评价. 评价指标分别为果实的单果质量、果实不同部位的硬度、消费者青睐果皮颜色程度和感官品质. 首先将各试验结果进行汇总排列, 得到表6, 然后对表6进行无量纲化处理, 得到表7, 最后绘制雷达图(图2).

表6 3个草莓品种的综合评价结果

| 品种 | 单果质量/g | 基部硬度/(10 ⁵ Pa) | 中部硬度/(10 ⁵ Pa) | 顶部硬度/(10 ⁵ Pa) | 感官品质 | 消费者青睐果皮颜色程度/% |
|------|--------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|---------------|
| 粉玉 | 29.21 | 3.19 | 3.03 | 3.00 | 85.37 | 64.91 |
| 红颜 | 29.01 | 2.72 | 2.69 | 2.67 | 80.82 | 33.33 |
| 妙香七号 | 26.09 | 2.80 | 2.76 | 2.41 | 79.63 | 33.33 |

表7 3个草莓品种的量纲化综合评价数据

| 品种 | 单果质量 | 基部硬度 | 中部硬度 | 顶部硬度 | 感官品质 | 消费者青睐果皮颜色程度 |
|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 粉玉 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 红颜 | 0.99 | 0.85 | 0.89 | 0.89 | 0.95 | 0.51 |
| 妙香七号 | 0.89 | 0.88 | 0.91 | 0.80 | 0.93 | 0.51 |

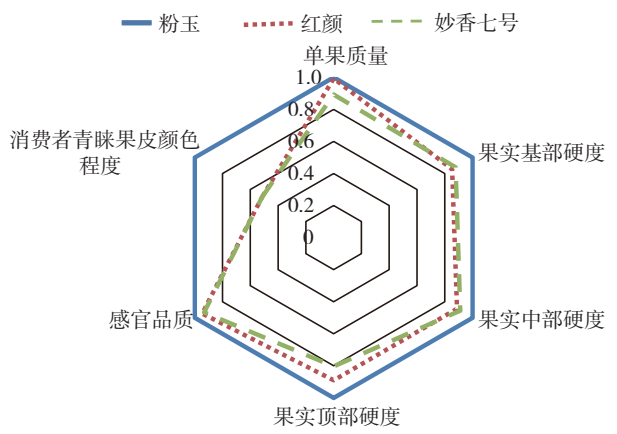


图2 3个草莓品种的综合评价雷达图

4 讨论与结论

试验结果表明, 1) 红颜和粉玉草莓果实较大, 平均单果质量分别达到29.01 g和29.21 g, 明显大于妙香七号. 粉玉草莓品种的果实呈长圆锥形, 外形美观, 果实颜色诱人, 且果实硬度比红颜和妙香七号高, 耐贮运性好, 适合长途运输. 粉玉草莓品种的口感、香味与其他两个草莓品种相比较差异不明显, 果实酸甜适宜, 柔软多汁, 香味浓郁, 品质极佳, 因此可推荐为香格里拉设施草莓栽

由图2可见, 粉玉在3个草莓品种中综合评价最佳. 相比较其他两个品种, 粉玉的感官品质最佳, 单果质量最大且果皮颜色最受消费者青睐, 具有更好的市场潜力; 其果实的硬度值也最高, 更耐储存性和运输, 因此最适合作为远程运输的品种. 红颜与妙香七号相比较, 其综合评价更高; 在单果质量方面, 红颜高于妙香七号, 但红颜果实基部和中部的硬度值低于妙香七号, 适合近距离销售.

培中最为理想的优质型草莓品种. 2) 与着色7成采摘的草莓相比, 着色9成采摘的草莓其果实硬度在基部、中部和顶部均呈下降趋势. 3) 不同贮藏时间导致3个品种草莓果实硬度产生变化, 即随着贮藏时间增加, 3个草莓品种的果实硬度均出现先升高后降低的变化规律; 部位不同, 其果实的硬度值也不同, 其中妙香七号品种的草莓果实顶部与基部和中部硬度值差异有统计学意义; 3个草莓品种的果实大小不同, 其硬度也呈现出一定的差异性. 4) 在存放条件和存放时间相同的情况下, 粉玉品种草莓的硬度值均大于红颜和妙香七号, 即粉玉品种的耐储藏性更优, 因而更适合于远程运输销售. 5) 红颜和妙香七号的硬度值差异不明显, 但红颜品种的草莓平均单果质量优于妙香七号, 且产量优于妙香七号. 由于其硬度值较小不耐储藏, 相较而言, 不适合远距离运输销售, 可选择作为当地销售品种.

综上所述, 考虑到远距离销售或加工的需要, 较为理想的优质型草莓品种为粉玉; 考虑在本地或近距离销售的需要, 可选择红颜品种. 此外, 采收后的草莓果实最佳贮藏时间为1~2 d^[8-9]. 在远距离运输过程中, 需要对草莓果实进行一定的低温保

鲜^[10-11]，并保证单个果实的独立放置，尽量减少果实之间相互挤压，从而降低烂果率。

〔参考文献〕

- [1] 孙杰, 卫旭阳. 高架栽培对草莓生长和果实品质的影响 [J]. 山西农业科学, 2021, 49 (11): 1312-1316.
- [2] KIM S K, KIM D S, KIM D Y, et al. Variation of bio-active compounds content of 14 oriental strawberry cultivars [J]. Food Chemistry, 2015, 184: 196-202.
- [3] CHAVES V C, CALVETE E, REGINATTO F H. Quality properties and antioxidant activity of seven strawberry (*Fragaria x ananassa* duch) cultivars [J]. Scientia Horticulturae, 2017, 225: 293-298.
- [4] 陈卫平. 不同草莓品种果实品质的比较研究 [J]. 江西农业学报, 2010, 22 (9): 46-48.
- [5] 张蕊, 宋士任, 盛忠良, 等. 基于专利分析的草莓产业发展趋势研究 [J]. 落叶果树, 2017, 49 (2): 11-14.
- [6] 张桂霞, 王英超, 石璐. 草莓果实成熟过程中 Vc 和可溶性固形物含量的变化 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39 (12): 6995-6996.
- [7] 廖明安. 园艺植物研究法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [8] 段永华, 张翠萍, 王文智, 等. 不同品种和存储期对草莓果实硬度及糖度的影响 [J]. 中国园艺文摘, 2017, 33 (8): 8-9, 20.
- [9] 敖礼林. 草莓储藏保鲜技术 [J]. 农村百事通, 2006 (23): 11-12.
- [10] 李及华, 关军锋, 孙玉龙, 等. 不同采收成熟度黑宝石李冷藏期间品质变化的研究 [J]. 保鲜与加工, 2010, 10 (3): 22-25.
- [11] 贾权, 刘斌, 韩馨仪, 等. 低温贮藏对草莓品质影响研究 [J]. 冷藏技术, 2020, 43 (2): 25-29.

(上接第 64 页)

- [13] ATEF M, ATIK A E F E, NAWAR A. Fuzzy topological structures via fuzzy graphs and their applications [J]. Soft Computing, 2021, 25: 6013-6027.
- [14] EZHILMARAN D, SANKAR K. Morphism of bipolar intuitionistic fuzzy graphs [J]. Journal of Discrete Mathematical Sciences & Cryptography, 2015, 18 (5): 605-621.
- [15] BINU M, MATHEW S, MORDESON J N. Connectivity status of fuzzy graphs [J]. Information Sciences, 2021, 573: 382-395.
- [16] BINU M, MATHEW S, MORDESON J N. Cyclic connectivity index of fuzzy graphs [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2021, 29 (6): 1340-1349.
- [17] BINU M, MATHEW S, MORDESON J N. Wiener index of a fuzzy graph and application to illegal immigration networks [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2020, 384: 132-147.
- [18] BINU M, MATHEW S, MORDESON J N. Connectivity index of a fuzzy graph and its application to human trafficking [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2019, 360: 117-136.
- [19] GONG S, HUA G. Topological indices of bipolar fuzzy incidence graph [J]. Open Chemistry, 2021, 19: 894-903.
- [20] KALATHIAN S, RAMALINGAM S, SRINIVASAN N, et al. Embedding of fuzzy graphs on topological surfaces [J]. Neural Computing & Applications, 2020, 32 (9): 5059-5069.

