

天水苹果脆片加工适用性评价

李帼英, 王 花, 赵 娜, 王 颖
(天水市果树研究所, 甘肃 天水 741000)

摘要: 研究天水苹果不同采收、贮藏期元帅系苹果和富士苹果果实、脆片品质对比分析, 为果实的生长、贮藏加工提供依据。以宫崎富士为对照, 对天汪1号、俄矮2号、阿斯、首红4个元帅系苹果的果实及脆片进行了加工适用性评价。结果表明, 4个元帅系苹果不同采收、贮藏期果实硬度均小于或与宫崎富士相当; 可溶性固形物含量采收前期低于宫崎富士, 贮藏后高于或与宫崎富士相当; 从采样到贮藏期总酸含量均低于宫崎富士, 固酸比远高于宫崎富士。4个元帅系苹果果实脆片, 与鲜果一致, 随果实成熟、贮藏期延长硬度降低, 可溶性固形物含量升高, 总酸含量降低, 固酸比升高。除俄矮2号外的3个元帅系苹果脆片的硬度整体高于宫崎富士; 固酸比在采收前和贮藏期远高于宫崎富士。从开始采收到贮藏, 4个元帅系苹果色泽 L^* 持续增加, a^* 值由负值转为正值, b^* 值持续增加, 脆片颜色逐渐变为淡黄。元帅系苹果成熟后硬度适中, 生产的脆片色泽淡黄, 酥脆感强, 酸甜适中; 富士苹果硬度高, 生产的脆片色泽白亮, 脆性强, 酸甜适中。

关键词: 天水苹果; 脆片; 加工; 适用性; 评价

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)01-0053-07

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.01.009

Evaluation of the Processing Suitability of Tianshui Apple Crisps

LI Guoying, WANG Hua, ZHAO Na, WANG Ying
(Tianshui Fruit Tree Research Institute, Tianshui Gansu 741000, China)

Abstract: This study evaluated the fruit and crisp quality of different harvest and storage periods of Tianshui apple varieties, including the Delicious strains and Fuji apples, so as to provide a basis for fruit growth, storage and processing. Using Miyazaki Fuji apples as a control, the fruit and crisp suitability of four Delicious strain apple varieties (Tianwang 1, Russian Dwarf 2, Asi, and Shouhong) were evaluated. Results showed that the fruit hardness of the four Delicious apple varieties at different harvest and storage stages was either lower than or comparable to Miyazaki Fuji. The soluble solids content was lower than Miyazaki Fuji before harvest but higher or comparable after storage. The total acid content was consistently lower than that of Miyazaki Fuji from harvest to storage, with a significantly higher acid-to-solid ratio. The crispness of the four Delicious apple varieties, like fresh fruit, decreased in hardness and increased in soluble solids content, while total acidity decreased and the acid-to-solid ratio increased as the fruit matured and storage time extended. Except for Russian Dwarf 2, the crisps of the other three Delicious apples generally had higher hardness than Miyazaki Fuji, and their acid-to-solid ratio was much higher both before harvest and after storage. From harvest to storage, the color L^* value of the four Delicious apple strains continuously increased, the a^* value changed from negative to positive, and the b^* value steadily increased, resulting in crisps with a gradually light yellow color. After ripening, Delicious apple strains had moderate hardness, producing crisps with a light yellow color, strong crispiness, and a balanced sweet-sour taste. In contrast, Fuji apples were firmer, producing crisps with a bright white color, strong crunchiness, and a balanced sweet-sour taste.

Key words: Tianshui apple; Crisp; Processing; Suitability; Evaluation

苹果是一种营养丰富、酸甜可口的大众化水果。中国是世界上最大的苹果生产国、消费国和出口国^[1-3], 我国苹果消费方式以鲜食为主^[4], 加工率远远低于世界平均水平^[5]。天水市2023年全市果品面积15.33万 hm^2 , 产量270.0万t, 其中苹

果8.21万 hm^2 (花牛苹果5.24万 hm^2), 产量159.8万t。苹果脆片因其口感松脆、富含维生素和多种矿物质、携带方便、保存期长等特点, 成为非常流行的休闲果蔬食品^[6]。非油炸真空冷冻干燥技术不仅可以保持苹果脆片的基本形态, 而

收稿日期: 2024-10-26

基金项目: 甘肃省科技计划项目(22CX8NE181)。

作者简介: 李帼英(1971—), 女, 甘肃甘谷人, 研究员, 主要从事果树栽培及示范推广工作。Email: 794258046@qq.com。

通信作者: 王 花(1984—), 女, 甘肃临洮人, 主要从事果树栽培及示范推广工作。Email: 417152688@qq.com。

且可以最大程度地保留苹果中各种营养成分,是目前生产商品干燥制品的最佳方法^[7-8]。不同食品加工产品,对原料有着不同的要求,公丽艳^[9]提出了加工优质脆片的苹果原料单果重 ≥ 125.73 g,果实硬度 $242.02 \sim 265.59$ kg/cm²,固酸比 ≥ 33.28 等指标。花牛苹果作为天水元帅系苹果的区域公共品牌,为全市发展农村经济,推动乡村振兴起到了积极作用,为了进一步做大做强天水花牛苹果品牌,开展不同加工方式是苹果产业必须走的道路^[5,10]。因此,我们对天汪1号、俄矮2号、阿斯、首红4个元帅系品种和宫崎富士不同采收、贮藏期果实和脆片的硬度、可溶性固形物、总酸、固酸比及脆片色泽等进行了对比分析,研究天水苹果脆片加工的适应性,为天水苹果脆片加工果实的生产、贮藏提供指导依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试材料为天水市果树研究所苹果种质资源圃元帅系苹果品种天汪1号、俄矮2号、阿斯、首红和富士品种宫崎不同成熟期的果实,以富士品种宫崎为对照。

1.2 试验设备

电子天平(JMB50001),诸暨市超泽衡器设备有限公司生产;下压式切片机(QPJ-700),诸城市诺邦机电有限公司生产;真空冷冻干燥机(KGJ-06H),卡塞名机械(浙江)有限公司生产;分光测色仪(DS-210),杭州彩谱科技有限公司生产;数显糖度计(BD-255),杭州绿博仪器有限公司生产;数显测酸仪(GNK-835F),广元高科技股份有限公司生产;质构仪(TA-5),天津创兴电子设备制造股份有限公司生产;红外线水分测定仪(MB23),奥克斯仪器(常州)有限公司生产。

1.3 试验方法

试验于2024年8月1日起,选择树龄、树冠大小一致,管理水平一致的天汪1号、俄矮2号、阿斯、首红和宫崎(CK)植株,每15 d采样1次,采样后测定果实单果重、可溶性固形物、总酸、硬度。果实成熟后元帅系苹果于9月20日采收,宫崎苹果于10月10日采收,分株采收后立即贮藏于天水市果树研究所半地下冷库,按试验设计时间测定单果重、可溶性固形物、总酸、硬度等

果实品质指标。8月15日开始将每次采样后的果实采用真空冷冻干燥法^[8],制作成苹果脆片,检测脆片硬度、可溶性固形物、总酸及固酸比、色泽等指标,并分析不同品种不同时期脆片的品质。

1.4 果实指标检测方法

选取10个果实称单果重,计算平均值;选4个果实果肩去皮,利用质构仪测定果实硬度,重复2次;选3个果实,利用数显糖度计测定可溶性固形物,重复2次;选3个果实,去掉不可食部分,混合取浆,利用数显测酸仪测定总酸,重复3次。

1.5 脆片指标检测

1.5.1 可溶性固形物含量 参考GB 12295—90《水果、蔬菜制品 可溶性固形物含量的测定——折射仪法》^[11],利用高速研磨机将脆片研磨,称取5 g样品于烧杯中,用45 mL蒸馏水定容到100 mL容器,过滤后采用数显糖度计测定可溶性固形物,重复3次。

1.5.2 总酸含量 按照GB 12293—90《水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定》方法制备被测液^[12],利用数显测酸仪测定脆片中总酸含量,重复3次。

1.5.3 固酸比 以可溶性固形物含量与总酸含量之比表示固酸比。

1.5.4 硬度、脆度 采用质构仪对冻干脆片进行质构测试测定硬度、脆度,具体参数为选用P5探头,测前速率1 mm/s、测试速率0.5 mm/s、测后速率5 mm/s、测试距离2 mm、触发力10 g。脆片硬度以穿刺测试中探头受力最大峰值表示,每组样品平行测5次,结果取其平均值,数值越大表明硬度越大。

1.5.5 含水率 采用红外线水分测定仪测定含水率,取不少于2 g的脆片置于盘中进行计算。各处理平行测定3次,取平均值。

1.5.6 色差分析 采用测色仪在切成苹果片和脆片表面^[13-15],直接测量读数,分别测定新鲜和冻干后脆片的 L^* 、 a^* 、 b^* 值,计算色差 ΔE 值,每个处理重复5次。 ΔE 按式(1)计算。

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L1^*)^2 + (a^* - a1^*)^2 + (b^* - b1^*)^2}$$

式中, L^* 为不同处理后脆片亮度值, $L1^*$ 为鲜样的亮度值; a^* 为不同处理后脆片红绿值, $a1^*$ 为鲜样的红绿值; b^* 为不同处理后脆片黄蓝值, $b1^*$ 为鲜

样的黄蓝值。 L^* 值越大表明样品颜色越接近于白色; 当 a^* 为正值时, 数值越大说明样品的颜色越接近于红色; 当 a^* 为负值时, 绝对值越大说明样品的颜色越接近于绿色; 当 b^* 为正值时, 数值越大说明样品的颜色越接近于黄色; 当 b^* 为负值时, 绝对值越大说明样品的颜色越接近于蓝色^[10]。

1.6 数据统计与分析

使用 Excel 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同采收、贮藏期苹果果实评价指标分析

2.1.1 果实单果重 从表 1 可以看出, 不同参试品种的平均单果重均在 137 g 以上, 单果重为 182.90 ~ 219.60 g。天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯 4 个元帅系品种均在 10 月 1 日达最大单果重, 分别为 231.30、220.33、263.60、209.60 g, 较 8 月 1 日单果重分别增加 47.56%、52.28%、73.94%、51.93%; 富士品种宫崎(CK)为 10 月 15 日的单果重最大, 达 281.68 g, 较 8 月 1 日的单果重增加 103.67%。8 月 1 日至 9 月 1 日天汪 1 号、首红、俄矮 2 号单果重大于宫崎(CK), 10 月 1 日至 11 月 1 日 4 个元帅系品种的单果重均小于宫崎(CK)。

2.1.2 果实硬度 从表 2 可以看出, 不同品种苹

果的平均果实硬度为 346.01 ~ 475.23 kg/cm²。除首红和阿斯外, 其余品种从 8 月 1 日开始果实硬度呈持续下降趋势, 首红呈先升后降的趋势。至 11 月 1 日天汪 1 号、俄矮 2 号、阿斯分别较 8 月 1 日下降 53.4%、50.06%、33.49%, 至 11 月 1 日首红较 8 月 15 日下降 48.19%。元帅系苹果硬度均小于或与宫崎(CK)相当。

2.1.3 果实可溶性固形物含量 从表 3 可以看出, 天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯从 8 月 1 日的 53.3、56.7、55.0、49.2 g/kg 增加至 9 月 15 日的 61.7、58.5、66.7、55.0 g/kg, 增加较为缓慢。至 10 月 15 日, 天汪 1 号、首红、阿斯的可溶性固形物达到最高, 分别为 84.2、88.0、81.8 g/kg; 11 月 1 日俄矮 2 号达到最高, 为 100.0 g/kg。从 8 月 1 日至 10 月 15 日, 4 个元帅系苹果可溶性固形物增长率分别达 57.97%、55.20%、48.55%、66.26%。采收前 4 个元帅系苹果果实可溶性固形物含量均小于宫崎(CK); 采收后随着贮藏期的延长, 可溶性固形物进入缓慢降低趋势, 至 11 月 1 日 4 个元帅系苹果可溶性固形物含量相当或高于宫崎(CK)。

2.1.4 果实总酸含量 从表 4 可以看出, 天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯 4 个元帅系苹果的果实总酸含量从 8 月 1 日的 2.6、2.4、3.0、2.7 g/kg

表 1 不同处理参试品种的单果重

| 品种 | 检测日期/(日/月) | | | | | | |
|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1/8 | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| 天汪 1 号 | 156.75 | 185.37 | 195.60 | 209.26 | 231.30 | 229.83 | 220.57 |
| 首红 | 144.69 | 198.12 | 189.48 | 205.36 | 220.33 | 197.92 | 181.98 |
| 俄矮 2 号 | 151.55 | 196.45 | 220.00 | 247.63 | 263.60 | 244.33 | 213.62 |
| 阿斯 | 137.96 | 148.53 | 170.25 | 201.24 | 209.60 | 205.30 | 207.42 |
| 宫崎(CK) | 138.30 | 143.95 | 176.32 | 207.16 | 267.15 | 281.68 | 262.10 |

表 2 不同处理参试品种的果实硬度

| 品种 | 检测日期/(日/月) | | | | | | |
|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1/8 | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| 天汪 1 号 | 556.00 | 441.49 | 379.14 | 369.71 | 330.51 | 323.33 | 258.93 |
| 首红 | 437.24 | 506.50 | 383.32 | 352.36 | 330.41 | 282.41 | 262.43 |
| 俄矮 2 号 | 526.65 | 450.53 | 394.75 | 353.92 | 293.60 | 271.89 | 262.99 |
| 阿斯 | 410.90 | 392.16 | 379.82 | 318.28 | 319.38 | 328.24 | 273.28 |
| 宫崎(CK) | 726.18 | 662.29 | 442.53 | 441.32 | 405.84 | 328.20 | 320.26 |

降至 10 月 1 日采收后的 0.5、0.9、0.7、0.9 g/kg，降幅较为明显。从 8 月 1 日至 11 月 1 日，4 个元帅系苹果天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯的果实总酸含量降幅分别为 80.77%、83.33%、83.33%、88.89%，各采收、贮藏期 4 个元帅系苹果的果实总酸含量均远低于宫崎(CK)。

2.1.5 果实固酸比 从图 1 可以看出，除天汪 1 号外，首红、俄矮 2 号、阿斯的果实固酸比呈持续增加趋势。天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯的果实固酸比分别从 8 月 1 日的 20.50、23.63、18.33、18.22 升至 10 月 1 日的 140.00、76.67、106.00、75.00，至 11 月 1 日时，固酸比分别增加了 143.70、176.37、181.67、248.45；远高于宫崎(CK)的 99.06。可见随可溶性固形物的持续增高和总酸的持续降低，除天汪 1 号外，其余 3 个元帅系苹果的总固酸比呈持续增加趋势。

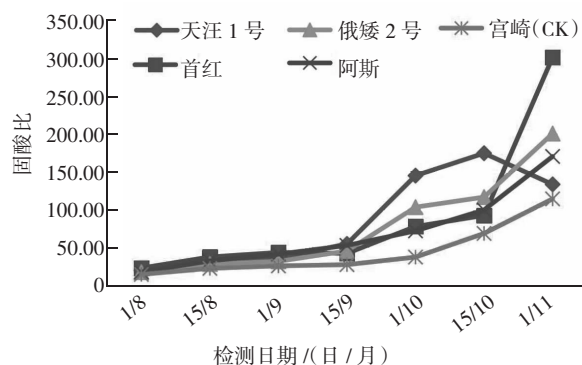


图 1 不同采收、贮藏期参试品种的果实固酸比

2.2 不同采收期、贮藏期果实脆片评价指标分析

2.2.1 脆片硬度 由表 5 可知，不同苹果品种平均果实脆片硬度为 827.92 ~ 1 211.59 kg/cm²。除俄矮 2 号外，随着测定时间的延长，参试品种脆片的硬度降低。天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯、宫崎(CK)果实脆片的硬度从 8 月 15 日的 1 863.64、

表 3 不同处理参试品种的果实可溶性固形物含量

| 品种 | 检测日期/(日/月) | | | | | | |
|---------|------------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 1/8 | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| 天汪 1 号 | 53.3 | 54.7 | 56.3 | 61.7 | 70.0 | 84.2 | 82.1 |
| 首红 | 56.7 | 57.2 | 58.0 | 58.5 | 69.0 | 88.0 | 80.0 |
| 俄矮 2 号 | 55.0 | 57.3 | 58.3 | 66.7 | 74.2 | 81.7 | 100.0 |
| 阿斯 | 49.2 | 50.0 | 53.0 | 55.0 | 67.5 | 81.8 | 80.0 |
| 宫崎 (CK) | 57.5 | 67.2 | 69.5 | 70.0 | 72.1 | 84.2 | 80.0 |

表 4 不同处理参试品种的果实总酸含量

| 品种 | 检测日期/(日/月) | | | | | | |
|--------|------------|------|-----|------|------|-------|------|
| | 1/8 | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| 天汪 1 号 | 2.6 | 1.7 | 1.5 | 1.1 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 首红 | 2.4 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 0.9 | 1.0 | 0.4 |
| 俄矮 2 号 | 3.0 | 2.0 | 1.8 | 1.5 | 0.7 | 0.7 | 0.5 |
| 阿斯 | 2.7 | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.3 |
| 宫崎(CK) | 3.8 | 2.9 | 2.6 | 2.5 | 1.9 | 1.2 | 0.7 |

表 5 不同处理参试品种的脆片硬度

| 品种 | 检测日期/(日/月) | | | | | |
|--------|------------|----------|----------|----------|--------|--------|
| | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| 天汪 1 号 | 1 863.64 | 1 543.22 | 1 300.87 | 1 094.25 | 908.04 | 559.53 |
| 首红 | 1 209.76 | 1 145.33 | 948.49 | 863.15 | 743.65 | 619.23 |
| 俄矮 2 号 | 932.58 | 910.79 | 908.04 | 812.25 | 884.14 | 734.88 |
| 阿斯 | 1 456.80 | 1 387.43 | 1 284.09 | 954.45 | 671.15 | 651.02 |
| 宫崎(CK) | 1 163.19 | 939.46 | 852.45 | 737.69 | 624.72 | 649.99 |

1 209.76、932.58、1 456.80、1 163.19 kg/cm² 降至 11 月 1 日的 559.53、619.23、734.88、651.02、649.99 kg/cm², 降幅极为明显。

2.2.2 脆片含水率 从表 6 看出, 4 个元帅系苹果和宫崎(CK)脆片的含水率相差不明显, 最大值为 3.90%、最小值为 1.00%, 平均含水率为 2.07%~3.21%, 其中俄矮 2 号平均含水率最高, 较种宫崎(CK)增加 0.66 个百分点; 其次是天汪 1 号, 为 3.09%, 较宫崎(CK)增加 0.54 个百分点; 首红最低。

2.2.3 脆片可溶性固形物含量 从表 7 看出, 4 个元帅系苹果脆片可溶性固形物平均含量为 50.9~58.5 g/kg, 与宫崎(CK)相差不明显。天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯果实脆片可溶性固形物含量从 8 月 15 日的 48.0、41.0、44.0、43.1 g/kg 升至 11 月 1 日的 60.0、70.0、70.0、65.0 g/kg, 随果实

成熟及贮藏期的延长呈增加趋势, 增幅明显。

2.2.4 脆片总酸含量 从表 8 看出, 与果实总酸相同, 脆片总酸含量随时间的延长而逐渐降低。4 个元帅系苹果天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯果实脆片的总酸含量从 8 月 15 日的 1.0、1.7、1.4、1.1 g/kg 降至 11 月 1 日的 0.2、0.2、0.3、0.4

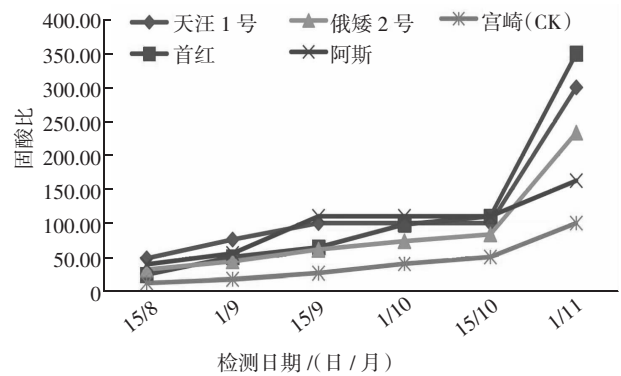


图 2 不同采收、贮藏期参试品种苹果脆片固酸比

表 6 不同处理参试品种的脆片含水率

%

| 品种 | 检测日期/(日/月) | | | | | |
|--------|------------|------|------|------|-------|------|
| | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| 天汪 1 号 | 3.30 | 3.10 | 3.20 | 3.20 | 3.20 | 2.53 |
| 首红 | 2.50 | 2.90 | 1.00 | 2.10 | 2.00 | 1.93 |
| 俄矮 2 号 | 3.20 | 2.80 | 3.90 | 3.10 | 3.80 | 2.47 |
| 阿斯 | 3.10 | 2.70 | 2.30 | 2.80 | 2.70 | 2.40 |
| 宫崎(CK) | 2.80 | 2.60 | 2.40 | 2.20 | 2.70 | 2.58 |

表 7 不同处理参试品种的脆片可溶性固形物含量

g/kg

| 品种 | 检测日期/(日/月) | | | | | |
|--------|------------|------|------|------|-------|------|
| | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| 天汪 1 号 | 48.0 | 53.0 | 60.0 | 60.0 | 60.0 | 60.0 |
| 首红 | 41.0 | 45.0 | 45.6 | 49.0 | 55.0 | 70.0 |
| 俄矮 2 号 | 44.0 | 48.0 | 55.0 | 66.0 | 68.0 | 70.0 |
| 阿斯 | 43.1 | 44.2 | 55.0 | 55.0 | 56.0 | 65.0 |
| 宫崎(CK) | 38.0 | 42.0 | 45.0 | 56.0 | 60.0 | 70.0 |

表 8 不同处理参试品种的脆片总酸

g/kg

| 品种 | 检测日期/(日/月) | | | | | |
|--------|------------|-----|------|------|-------|------|
| | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| 天汪 1 号 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.2 |
| 首红 | 1.7 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.2 |
| 俄矮 2 号 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.3 |
| 阿斯 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 |
| 宫崎(CK) | 3.1 | 2.4 | 1.7 | 1.4 | 1.2 | 0.7 |

g/kg, 降幅明显。元帅系苹果平均总酸含量为 0.6~0.9 g/kg, 均明显低于宫崎(CK)。

2.2.5 脆片固酸比 从图 2 可知, 4 个元帅系苹果果实脆片的固酸比随果实成熟度的增加、贮藏期延长呈上升趋势。天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯果实脆片平均固酸比为 123.95、116.21、86.40、98.16, 远高于宫崎(CK)。天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯的果实脆片固酸比由 8 月 15 日的 48.00、24.12、31.43、39.18 增加到 11 月 1 日的 300.00、350.00、233.33、162.50, 增幅明显。

2.2.6 果实脆片色泽 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值差异分析 从表 9 看出, 苹果果实脆片色泽 L^* 值随果实成熟度的提高和贮藏期的延长呈增高趋势。4 个元帅系和宫崎(CK)苹果脆片 L^* 值 8 月 15 日分别为 81.12、75.86、70.05、63.81、82.11, 最大值天汪 1 号出现在 10 月 15 日, 为 83.65; 首红、俄矮 2 号、阿斯和宫崎(CK)均出现在 11 月 1 日, 分别为 84.21、86.47、86.23、86.88。4 个元帅系苹果 L^* 值均小于宫崎(CK)。表明苹果脆片的色泽随果实成熟度的增加和贮藏期的延长为逐渐向亮白转变的过程, 宫崎(CK)脆片色泽明显较元帅系苹果亮白。苹果果实脆片色泽 a^* 值随果实成熟度的提高和贮藏期的延长总体也呈增高趋势。4 个元帅系 a^* 值的最大值均出现在 11 月 1 日, 分别为 1.31、

1.63、1.43、1.09; 宫崎(CK)出现在 10 月 1 日和 10 月 15 日, 均为 -0.54。最小值均出现在 8 月 15 日, 采收前均为负值, 采收后贮藏 25~40 d 时变为正值, 脆片色泽表现为果实采收前多为绿色, 随果实成熟和贮藏期的延长, 逐渐向红黄色转变; 宫崎(CK)8 月 15 日至 11 月 1 日 a^* 值均为负值。除俄矮 2 号外, 元帅系苹果果实脆片色泽 b^* 值随果实成熟度的增加和贮藏期的延长呈先上升后下降的趋势。天汪 1 号、首红、阿斯、宫崎(CK) b^* 值的最小值均出现在 8 月 15 日, 分别为 20.10、19.80、18.88、19.52, 最大值均出现在 10 月 15 日, 天汪 1 号、首红、俄矮 2 号、阿斯、宫崎(CK)分别为 26.63、22.00、26.63、24.05、20.86, 4 个元帅系苹果均高于宫崎(CK)。

3 小结

4 个元帅系苹果果实的单果重、硬度、可溶性固形物、总酸、固酸比与宫崎富士基本一致。单果重从试验开始到成熟采收为快速增加, 采收贮藏后缓慢降低; 硬度从试验开始到采收、贮藏, 随时间的延后, 硬度整体表现为快速下降趋势, 4 个元帅系苹果硬度均低于或与同期宫崎富士相当; 可溶性固形物采收前元帅系苹果均低于宫崎富士, 采收后快速上升, 均超过宫崎富士; 总酸从试验开始到采收、贮藏期的延长, 元帅系苹果均低于宫崎富士; 固酸比从试验开始随着采收、贮藏期的延长, 元帅系苹果远高于宫崎富士。元帅系苹果果实脆片, 同鲜果一样, 随果实成熟、贮藏期的延长脆片硬度和总酸呈降低趋势, 可溶性固形物和固酸比呈升高趋势。同鲜果一样, 10 月 15 日前, 除俄矮 2 号外的元帅系苹果脆片的硬度均高于同期宫崎富士, 酥脆感更强, 固酸比在各采样阶段和贮藏期远高于宫崎, 表现为甜味更浓。

元帅系苹果从试验开始到采收、贮藏, 色泽 L^* 持续增加, 脆片颜色逐渐变得亮白; a^* 值在采收前均为负值, 脆片颜色淡绿, 采收后, 随贮藏期延长, 逐渐变为正值, 绿色渐退; b^* 值随成熟采收到贮藏期延长呈先升高后下降的趋势, 颜色逐渐变黄。4 个元帅系苹果在各采样阶段 L^* 值均小于宫崎富士, a^* 和 b^* 差异不明显。整体宫崎富士脆片颜色亮白于元帅系苹果品种。综合分析,

表 9 不同处理参试品种的脆片色泽 L^* 、 a^* 、 b^* 值统计表

| 指标 | 品种 | 检测日期 / (日 / 月) | | | | | |
|-------|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 15/8 | 1/9 | 15/9 | 1/10 | 15/10 | 1/11 |
| L^* | 天汪 1 号 | 81.12 | 82.22 | 83.31 | 83.45 | 83.65 | 83.18 |
| | 首红 | 75.86 | 77.41 | 79.26 | 81.13 | 83.45 | 84.21 |
| | 俄矮 2 号 | 70.05 | 75.51 | 79.25 | 81.02 | 83.01 | 86.47 |
| | 阿斯 | 63.81 | 70.15 | 74.52 | 75.02 | 75.53 | 86.23 |
| | 宫崎(CK) | 82.11 | 83.45 | 84.80 | 85.51 | 86.52 | 86.88 |
| a^* | 天汪 1 号 | -1.88 | -1.59 | -1.44 | -1.32 | 1.10 | 1.31 |
| | 首红 | -1.78 | -1.53 | -1.31 | -1.21 | -1.27 | 1.63 |
| | 俄矮 2 号 | -1.65 | -1.52 | -1.33 | -1.21 | 1.10 | 1.43 |
| | 阿斯 | -2.43 | -2.22 | -2.01 | -1.33 | 0.98 | 1.09 |
| | 宫崎(CK) | -1.84 | -1.61 | -0.56 | -0.54 | -0.54 | -0.64 |
| b^* | 天汪 1 号 | 20.10 | 21.40 | 22.24 | 23.80 | 26.63 | 23.52 |
| | 首红 | 19.80 | 21.69 | 20.98 | 21.10 | 22.00 | 21.44 |
| | 俄矮 2 号 | 19.90 | 20.10 | 19.20 | 24.50 | 26.63 | 22.61 |
| | 阿斯 | 18.88 | 19.01 | 19.47 | 22.30 | 24.05 | 21.21 |
| | 宫崎(CK) | 19.52 | 19.89 | 20.73 | 20.80 | 20.86 | 20.57 |

成熟及贮藏后元帅系苹果真空冷冻脆片, 较富士苹果硬度略高、色泽淡黄, 甜味浓, 带有元帅系苹果固有香味。用于制作苹果脆片的果实, 需做到适期采收, 在栽培中尽可能增大果实单果重, 提高果实可溶性固形物, 提高脆片产出率及脆片品质。果实通过低温贮藏延长脆片生产周期, 实现苹果脆片周年生产的目的。

参考文献:

- [1] 白凤岐, 马艳莉, 李笑颜, 等. 6 个品种苹果品质及加工适宜性研究[J]. 食品开发, 2014, 39(9): 66-71.
- [2] 王海鸥, 扶庆权, 陈守江, 等. 预处理方式对真空冷冻干燥苹果片品质的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(11): 126-130.
- [3] 段定越. 苹果 MdVQ17 基因在干旱和盐胁迫响应中的功能研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2020.
- [4] 董根中, 远兵强, 高红梅, 等. 我国苹果生产与加工现状[J]. 农产品加工(创新版), 2009(10): 64-67.
- [5] 胡秦佳宝, 刘璇, 毕金峰, 等. 不同加工方式对苹果制品营养品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(5): 152-158.
- [6] 郑素霞, 李远志, 罗树灿, 等. 微波对苹果脆片干燥特性的影响[J]. 华南农业大学学报, 2004(3): 109-111.
- [7] RATTI C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 49(4): 311-319.
- [8] DUAN X, ZHANG M, MUJUMDAR A S, et al. Microwave freeze drying of sea cucumber (*Stichopus japonicus*) [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 96(4): 491-497.
- [9] 公丽艳. 不同品种苹果加工脆片适宜性评价研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2014.
- [10] 程思琪, 李佩, 秦紫一, 等. 基于主成分分析的不同杀青温度苹果片品质综合评价[J]. 食品工业, 2023, 44(7): 23-28.
- [11] 国家技术监督局. 水果、蔬菜制品可溶性固形物含量的测定——折射仪法: GB 12295—1990[S]. 北京: 中国标准出版社, 1990.
- [12] 国家技术监督局. 水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定: GB 12293—1990[S]. 北京: 国家技术监督局, 1990.
- [13] 李祯, 杨发军, 张霁红, 等. 冰温贮藏对软儿梨色泽及挥发性风味物质的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(11): 1042-1047.
- [14] 张莉, 马彦霞, 陶兴林, 等. 番茄中功能物质的特性及不同加工方式对其品质的影响[J]. 寒旱农业科学, 2024, 3(10): 883-893.
- [15] 王鑫, 于柱英, 赵连鑫, 等. 沙地桃品种果实物候期和果实品质比较研究[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(1): 44-49.