

膨大剂处理对六种猕猴桃采收和软熟时品质的影响

庞荣^{1,2}, 任亚梅¹, 袁春龙³, 师俊玲⁴, 樊明涛¹

(1. 西北农林科技大学食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100) (2. 山西省食品药品审评中心, 山西太原 030006)
(3. 西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西杨凌 712100) (4. 西北工业大学生命学院, 陕西西安 710072)

摘要: 为了研究膨大剂处理对不同品种猕猴桃感官品质的影响, 以秦美、徐香、亚特、海沃德、脐红和红阳 6 种猕猴桃为试材, 盛果期用 5 mg/L 膨大剂处理, 测定对照果及膨大剂处理果采收当天及软熟时果实的品质指标, 包括理化指标、感官评价和香气成分。结果表明, 采收时各品种猕猴桃对照果的硬度、可滴定酸和叶绿素含量显著高于膨大剂处理果, SSC 显著低于膨大剂处理果。达到软熟时, 膨大剂处理果比对照果货架期有不同程度的缩短, 对照果可溶性固形物和可滴定酸含量显著高于膨大剂处理果, 叶绿素含量显著低于膨大剂处理果, 水分含量没有显著变化; 电子鼻能够较好地辨别和区分对照和膨大剂处理果香气物质的差异。综合感官评价与货架期、理化指标、香气物质测定的结果, 其中膨大剂处理对海沃德受不利影响较小, 对秦美、徐香、亚特和红阳有明显不利影响, 在农业生产中, 根据品种的不同来选择性地使用膨大剂来实现产量的增加和避免不必要的经济损失。

关键词: 膨大剂; 货架期; 理化指标; 感官评价; 香气成分

文章篇号: 1673-9078(2017)8-235-242

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2017.8.034

Effects of Forchlorfenuron Treatment on the Quality of Six Varieties of Kiwifruit during Harvest and Ripening Periods

PANG Rong^{1,2}, REN Ya-mei¹, YUAN Chun-long³, SHI Jun-ling⁴, FAN Ming-tao¹

(1. College of Food Science and Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China) (2. Shanxi Province Food and Drug Inspection Center, Taiyuan 030006, China) (3. College of Enology, Northwest A & F University, Yangling 712100, China) (4. School of Life Sciences, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: To investigate the effects of forchlorfenuron treatment on the sensory qualities of different varieties of kiwifruit, Qin Mei, Xu Xiang, Atlantis, Hayward, Qi Hong, and Hong Yang kiwifruits were used as experimental materials, and all fruits were treated with 5 mg/L forchlorfenuron during the full bearing period. Quality indices, including physical and chemical indices, sensory evaluation, and aroma components, of control and forchlorfenuron-processed fruits on the harvest day and during the ripening period were measured. The results showed that on harvest day, the hardness, titratable acidity, and chlorophyll content of control fruits were significantly higher than those of forchlorfenuron-processed fruits, but the soluble solids content (SSC) of control fruits was significantly lower than that of forchlorfenuron-processed fruits. When all fruits were ripened, the shelf life of the fruits treated with forchlorfenuron was shorter than that of control fruits to varying degrees. Control fruits had significantly higher SSC and titratable acidity, and significantly lower chlorophyll contents than forchlorfenuron-processed fruits, and there were no significant changes in water content. The electronic nose was used to better identify and distinguish the differences in aroma substances between controls and forchlorfenuron-processed fruits. Based on the results of comprehensive sensory evaluation and measurements of the shelf life, physicochemical indices, and content of aromatic substances, forchlorfenuron treatment exhibited less impact on Hayward kiwifruit, but had a significant adverse effect on Qin Mei, Xu Xiang, Stuart, and Hong Yang kiwifruits. In agricultural production, forchlorfenuron can be selectively used according to kiwifruit variety to improve output and avoid unnecessary economic losses.

Key words: forchlorfenuron; shelf-life; physicochemical index; sensory evaluation; aroma components

收稿日期: 2017-01-10

基金项目: 国家支撑计划 (2015BAD16B02); 公益性行业 (农业) 科研专项 (1-042)

作者简介: 庞荣 (1989-), 男, 硕士, 研究方向: 果蔬贮藏与加工

通讯作者: 任亚梅 (1970-), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 果蔬贮藏与加工

膨大剂化学名氯吡脞 (Forchlorfenuron), 别名 CPPU, 是一种植物生长调节剂。膨大剂可促进细胞分裂、分化和扩大, 对提高果实单果重及单株产量非常有效, 广泛应用于猕猴桃、葡萄、西瓜和番茄等多种作物^[1-5]。研究表明膨大剂显著提高猕猴桃单果重和产量, 但造成果实外观畸变不雅、风味变酸、加速软化和树势衰退等负面效应^[6-9]。但 E.Antognozzi 等认为, 膨大剂能改善果实碳水化合物的代谢, 增加生长期可溶性糖和淀粉, 提高果实的风味和品质^[10-12]。目前, 膨大剂在猕猴桃上的研究仅限于个别品种的理化指标测定, 对于香气成分的研究尚未报道, 缺乏一定的代表性和科学性。本试验研究秦美、徐香、亚特 4 种美味猕猴桃及红阳和脐红 2 种中华猕猴桃, 填补了脐红猕猴桃在此领域研究的空白。猕猴桃的商品价值不仅与其重量和产量相关, 更与其本身独特的口感风味和良好的贮藏品质有关。

电子鼻是一种集分析、识别和检测复杂挥发性成分于一体的新型仪器, 具有检测速度快, 操作简单、灵敏度高、重现性好等特点, 广泛用于果蔬、粮油和烟草等方面, 辨别不同种类、品种和处理之间香气物质的差异^[13-18]。通过测定不同品种猕猴桃采收和软熟时对照果及膨大剂处理果的理化指标, 并结合电子鼻香气物质测定和人工感官评价, 综合对比果实的货架时间以及质地、色泽、口感和香气, 得出不同品种猕猴桃的品质特性和膨大剂对猕猴桃品质的影响, 为猕猴桃农业生产中平膨大剂的使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 原料

试材: 秦美、红阳和亚特猕猴桃于 2013.9.27 采摘自陕西杨凌, 徐香和脐红猕猴桃同日采摘于陕西眉县, 海沃德猕猴桃于 2013.10.15 采摘于陕西杨凌; 脐红猕猴桃在可溶性固形物即 SSC 为 11.0% 时采收, 其余 5 种猕猴桃在 SSC 为 6.5%~8.0% 时采收。当天运回实验室, 挑选出成熟度一致、大小均匀、无病虫害及机械损伤的果实作为试材。

试剂: 膨大剂 (0.1%, 成都三月生物科技有限公司); 丙酮 (四川西陇化工); NaOH (天津天工)。

仪器与设备: 物性测定仪 (TA.XT-Plus), 英国; 紫外分光光度计 (UV-1700), 日本; 手持折光仪 (8101), 中国大连; 电子鼻 (PEN3 型), 德国; 恒温鼓风干燥箱 (DHG-9123A 型), 中国。

1.2 方法

1.2.1 果实处理方法

果园中随机挑选 30 株猕猴桃树, 其中 15 株果树用作对照果采样; 剩余 15 株果树进行标记, 在果实达到幼果细胞分裂期, 即谢花后 15 d, 取 0.1% 的膨大剂溶液 50 mL 加水 10 kg 制成 5 mg/L 的膨大剂溶液, 人工用一次性杯子, 取膨大剂溶液对标记果树上的幼果均匀浸渍 2 s。

随机选取 6 种猕猴桃对照果和膨大剂处理果各 80 个, 其中 20 个用于测定采收当天果实的理化指标, 其余 60 个置于室温条件 (20±2 °C, 湿度 RH 50%~60%), 当天记为果实货架期的起始时间, 随着果实的后熟, 当果实硬度在 0.8~1.0 kg/cm² 范围时, 即达到软熟, 记为果实货架期的结束时间, 每个品种取 20 个果实, 进行感官评价, 理化指标及香气物质测定。

1.2.2 测定指标及方法

水分含量测定: 参考 GB 5009.3-2010 法; SSC: 参照 GB/T 12295-1990, 折光仪测定; 可滴定酸含量测定: 参照 ISO 750-1998 方法; 色素 (叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素和类胡萝卜素) 含量测定: 参照任亚梅^[19]方法; 硬度测定: P5 探头在 TPA (Texture Profile Analysis) 模式下, 预压速度 1.00 mm/s, 下压速度 1.00 mm/s, 压后上行速度 1.00 mm/s, 测定 3 次, 单位 kg/cm²; 香气物质测定: 取 20 个果实, 快速去皮, 混匀榨汁, 量取样品 10 mL 置于样品瓶中, 室温 (20 °C±1 °C) 下加盖密封 30 min。清洗后开始测量, 测定时间 54 s, 分析值提取时间点为 42 s, 清洗时间 280 s, 每组平行测定 10 次。

感官评价方法: 选择 5 个评价指标, 采用分析型感官评价。感官评价小组由 12 位食品专业人员组成, 根据表 1 评价标准, 对软熟猕猴桃的感官品质进行评价。

表 1 猕猴桃感官评价标准

Table 1 Sensory test scoring criteria

质量等级	感官指标					
	外观	多汁性	口感	芳香味	果肉颜色	
					美味猕猴桃	中华猕猴桃
9 (很好)	果形端正, 果个均匀	软硬适中, 汁液丰富	酸甜爽口	香味浓郁而不腻	浓绿色	亮黄色

转下页

接上页

7 (好)	果型端正, 果个较均匀	软硬适中, 汁液较多	酸甜适中	香味很浓	深绿色	黄色
5 (一般)	果形较好, 果个正常	果肉有点软, 汁液较多	较淡	香味较淡或无香味	绿色	淡黄色
3 (差)	果形较差, 果个不均匀	果肉较硬, 汁液较少	过酸、过甜或 较淡异味	较淡异味	浅绿色	黄绿色
1 (很差)	果形差, 果个参差不齐	果肉很软, 汁液很多	有明显异味	明显异味	淡绿色	黄褐色

1.2.3 数据处理方法

试验结果用 Excel 作图, Spss 18.0 软件进行多重比较, 在 0.05 显著水平下采用 LSD 法检验。香气成分测定结果采用电子鼻软件进行 PCA、LDA 和响应值差异分析。

2 结果与分析

2.1 膨大剂处理对果实采收时和软熟时品质指标的影响

2.1.1 膨大剂处理对果实硬度和货架时间的影响

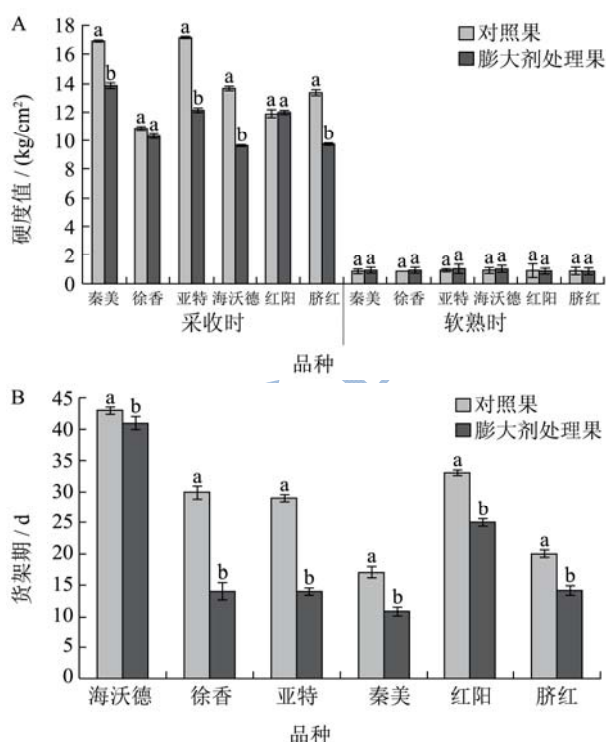


图1 膨大剂处理对果实硬度和货架期的影响

Fig.1 Effect of CPPU treatment on the firmness and shelf life of different varieties of kiwifruits

注: 同一时期同一品种 a 和 b 表示 5% 差异显著水平, A 表示硬度值, B 表示货架期。

硬度能反映猕猴桃贮藏期和货架期质地和内部品质的差异。图 1A 所示, 采收当天果实的硬度均在 9.5~17 kg/cm² 范围之内。其中徐香和红阳的对照果与

膨大剂处理果硬度之间没有显著差异, 脐红、秦美、亚特和海沃德 4 种对照果硬度均显著大于膨大剂处理果。说明膨大剂处理能够促进果实在田间提前成熟, 缩短生长时间, 可能会减少贮藏期或货架期的时间。货架期是指果实采收后, 在保持其理想的理化和感官指标前提下贮藏期的长短, 在很大程度上反映了不同品种猕猴桃贮藏性能的优劣。果实软熟时, 6 种猕猴桃对照果和膨大剂处理果硬度均在 0.8~1.0 kg/cm² 范围之间, 相互之间没有显著差异, 失去继续贮藏的价值。图 1B 为果实采收至软熟的货架期, 反映了各品种之间对照果和膨大剂处理耐贮性和货架性能的差异, 其中海沃德对照果和膨大剂处理果货架期达到 40 d 以上, 最耐贮藏, 其耐藏性受膨大剂的影响也最小; 红阳、海沃德和亚特对照果货架期为 1 个月左右, 较耐贮藏; 脐红对照果货架期为 20 d, 膨大剂处理使亚特、徐香和脐红货架期缩短至 15 d 左右; 秦美对照果货架期为 17 d, 不耐贮藏, 膨大剂处理果缩短至 11 d, 耐贮性最差。另外, 秦美、徐香和亚特膨大剂处理果软熟后期容易出现软腐病和水渍状, 果实品质严重下滑, 而海沃德、脐红和红阳膨大剂处理果正常软熟, 未出现类似症状。

因此, 在田间生长和采后贮藏期间, 膨大剂处理均加速了猕猴桃果实硬度的下降, 果实提前成熟或后熟, 为减少采后贮藏期间的腐烂损失, 需要通过提前果实的采收期, 来相应的延长果实的贮藏期或货架期。

2.1.2 膨大剂处理对果实 SSC、可滴定酸含量 (TA) 和固酸比 (SSC/TA) 的影响

SSC 和 TA 含量决定果实的酸甜程度和口感好坏, 影响人们对果实的喜好程度。图 2A 可见, 采收时, 秦美、徐香、亚特、海沃德、脐红和红阳的 SSC 分别为秦美、亚特、海沃德、红阳和脐红对照果的 SSC 含量显著高于膨大剂处理果, 徐香对照果与膨大剂处理果 SSC 没有显著差异, 这与硬度的测定结果相一致。软熟时, 脐红对照果 SSC 最高, 达到 20% 以上; 红阳、徐香和亚特对照果次之, 为 18% 左右, 亚特膨大果 SSC 最低, 为 12.3%; 除海沃德外, 其余 5 种膨大剂处理果实的 SSC 含量显著低于对照果, 说明膨大剂处理使果实软熟后, 口感不如对照果甜, 其中徐香和亚特 SSC 受膨大剂处理的影响非常大, 与其货架期的明显缩短

有关。

图 2B 可见, 采收时, 美味猕猴桃秦美、徐香、亚特和海沃德 TA 含量均高于中华猕猴桃脐红和红阳, 徐香对照果 TA 含量高达 1.72%, 脐红膨大剂处理果 TA 含量低至 1.24%。秦美、徐香、亚特和脐红对照果的 TA 含量显著高于膨大剂处理果, 海沃德和红阳的对照果和膨大剂处理果之间没有显著差异。软熟时, 各种猕猴桃 TA 含量较刚采收时明显的降低, 秦美、徐香、亚特和海沃德 4 种美味猕猴桃依然高于脐红和红阳 2 种中华猕猴桃。秦美、徐香和亚特膨大剂处理果 TA 含量显著高于对照果, 海沃德和脐红对照果和膨大果 TA 含量差异不显著。

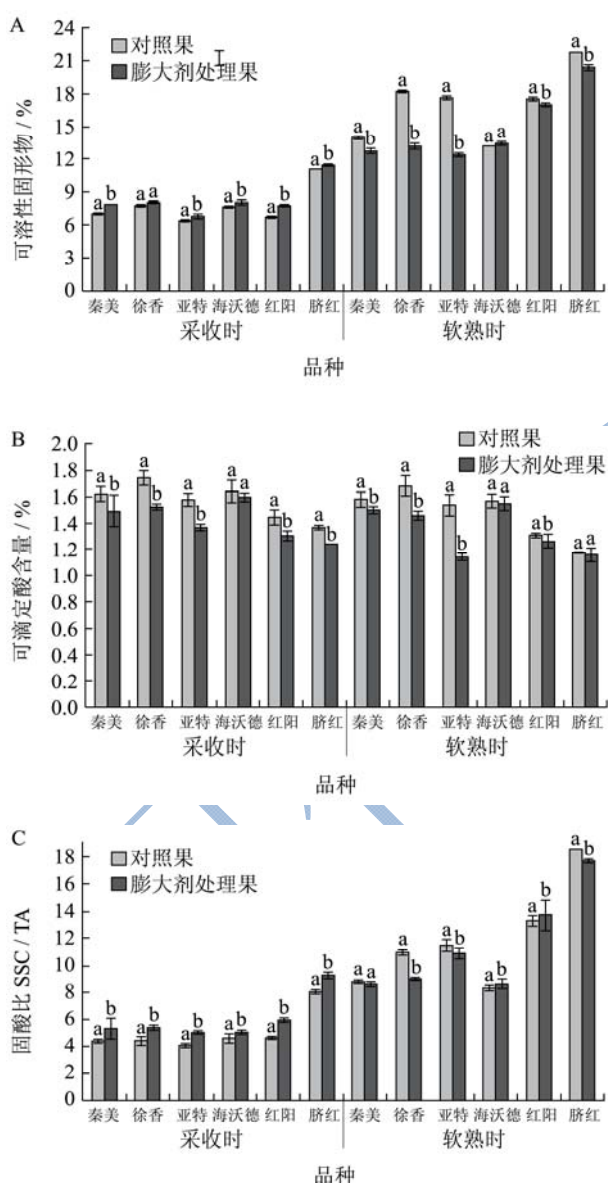


图 2 CPPU 对不同品种猕猴桃可溶性固形物、可滴定酸含量及固酸比的影响

Fig.2 Effect of CPPU treatment on the SSC, TA content, and SSC/TA of different varieties of kiwifruits

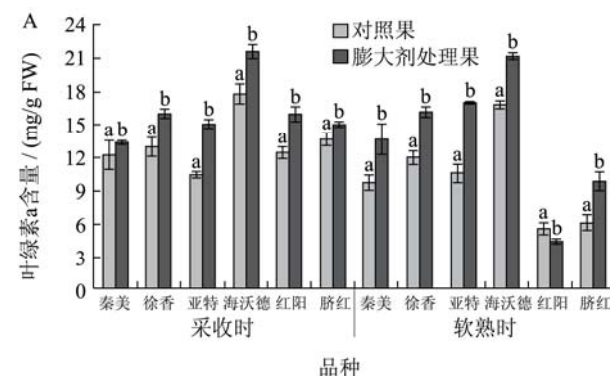
注: A 表示可溶性固形物含量, B 表示可滴定酸含量, C 表示固酸比。

图 2C 可见, 果实从采收至软熟, 随着 SSC 含量的升高和可滴定酸含量的降低, 果实软熟时较采收时的固酸比显著增大, 果实口感变好。软熟时, 由于膨大剂处理果 SSC 和 TA 含量均小于对照果, 固酸比差异较小。中华猕猴桃脐红和红阳的固酸比总体大于美味猕猴桃秦美、徐香、亚特和海沃德, 脐红对照果固酸比最高达到 18.55, 适宜喜甜和女性群体食用, 海沃德膨大剂处理果固酸比最低至 8.02, 适宜喜酸人群; 徐香、亚特和红阳酸甜适中, 适宜大众口味, 而秦美酸甜较淡, 口感较差。

2.1.3 膨大剂处理对果实叶绿素 a、b(Chl a、Chl b)及总叶绿素(TChl)和类胡萝卜素(Car)含量的影响

色素含量反映了果肉颜色的深浅, 由图 3 可见, 采收时, 秦美、徐香、亚特和海沃德 4 种美味猕猴桃膨大剂处理果的 Chla、Chlb、TChl 和 Car 含量均显著高于对照果; 脐红和红阳 2 种中华猕猴桃膨大剂处理果 Chla 和 TChl 含量显著高于对照果, 其 Car 含量显著低于对照果, 而 Chlb 含量没有显著差异。

软熟时, 各种猕猴桃的 TChl 较采收时有不同程度的下降, 脐红和红阳 2 种中华猕猴桃 Chla、Chlb 和 TChl 含量明显下降, 各种猕猴桃 Car 含量均发生不同程度的升高。4 种美味猕猴桃膨大剂处理果的 Chla、Chlb 和 TChl 含量仍显著高于对照果, 海沃德 TChl 含量最大, 达到 38.1 mg/g FW, 绿色最深; 红阳膨大剂处理果 TChl 和 Car 含量最低分别为 12.6 mg/g FW 和 6.91 mg/g FW。采收和软熟时, 4 种美味猕猴桃膨大剂处理果的叶绿素含量显著高于对照果, 说明膨大剂处理能有效抑制果实中叶绿素含量的降低。随着果实从采收到软熟, 秦美、徐香、亚特和海沃德 4 种美味猕猴桃叶绿素含量变化较小, 果肉颜色变化不明显; 中华猕猴桃采收时果肉颜色呈青绿色, 软熟时绿色减少, 黄色显现, 与其中叶绿素含量显著降低, 类胡萝卜素含量显著升高有关。



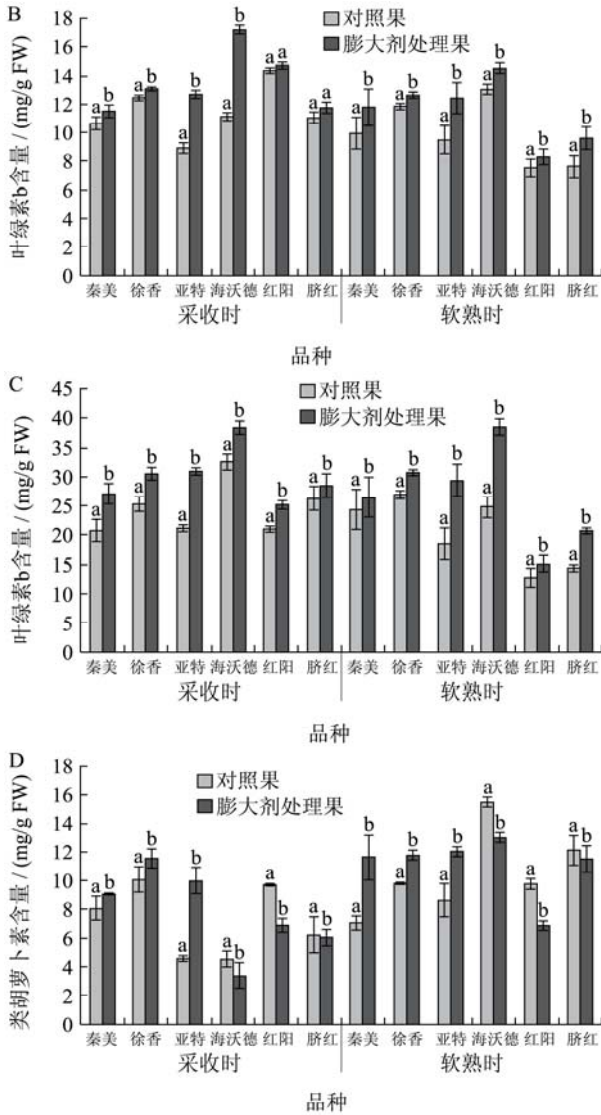


图3 CPPU 对不同品种猕猴桃叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

Fig.3 Effects of CPPU treatment on the chlorophyll and carotenoid contents of different varieties of kiwifruits

注: A 表示叶绿素 a, B 表示叶绿素 b, C 表示总叶绿素, D 表示类胡萝卜素。

2.1.4 膨大剂处理对果实水分含量的影响

图4显示,果实的水分含量表示果实的多汁性,在一定程度上反映了口感的好坏。采收时,除海沃德外,其它3种美味猕猴桃膨大剂处理果的水分含量显著高于对照果,而2种中华猕猴桃对照果的水分含量显著高于膨大剂处理果。软熟时,除秦美外,其余5种猕猴桃对照果水分含量显著低于膨大剂处理果,可

能由于膨大剂处理加速果实软化,导致水分含量相应的升高。

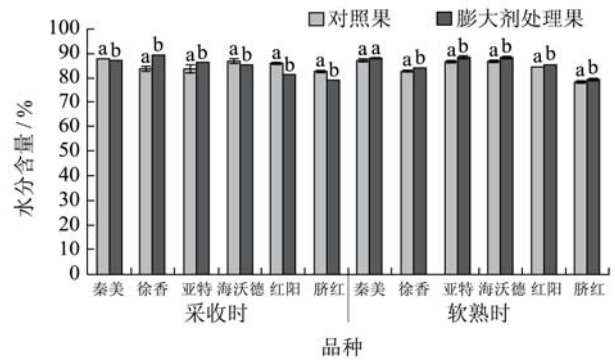


图4 膨大剂对不同品种猕猴桃水分含量和硬度值的影响

Fig.4 Effect of CPPU treatment on the moisture content and firmness of different varieties of kiwifruits

2.2 膨大剂处理对猕猴桃香气成分的影响

2.2.1 电子鼻对6种猕猴桃对照果和膨大剂处理果传感器响应值的差异分析

表2电子鼻传感器对软熟时猕猴桃芳香气味响应值,体现了传感器在识别模式中的重要程度。样品能够引起传感器响应的气体浓度越大,则G/G0的值越偏离1(>或<1),如果样品挥发性气体浓度低于检测限或者没有感应气体,则G/G0的值接近甚至等于1。表2所示传感器W1W对各种猕猴桃的香气均有最大的感应值,可见果实软熟时,其中的无机硫化物保留效果最好。据报道,猕猴桃中的特征香气成分主要有苯甲酸甲酯、苯甲酸乙酯和2-己烯醇^[20]等。W5S、W1S、W2S和W2W的响应值较大,说明该阶段氮氧化物、甲基类、芳香醇类和有机硫化物的保留效果较好,与上述所报道猕猴桃的特征香气成分相吻合。W6S和W5C的感应值接近1,可见果实中氢类和长链烷烃保留效果最差,故这两种传感器贡献率忽略不计。对照果在W1S、W2S上感应值显著大于膨大剂处理果,在W5S、W2W上感应值显著小于膨大剂处理果,说明膨大剂处理显著降低了果实中的广谱甲基类和广谱醇类香气物质的含量;显著增加了果实中氮氧化合物和有机硫化物的含量,可能是由于对照果货架期的延长所致^[20]。

表2 软熟时猕猴桃的电子鼻传感器响应值

Table 2 Sensor array responses for kiwifruit pulp aroma during the ripening period

猕猴桃 品种	传感器编号及其感应值 G/G ₀									
	W1C	W5S	W3C	W6S	W5C	W1S	W1W	W2S	W2W	W3S
秦美 A	0.4±0.01 ^a	3.5±0.2 ^a	0.6±0.01 ^a	1.2±0.01 ^a	0.7±0.01 ^a	6.6±0.39 ^a	17.7±0.9 ^a	6.0±0.4 ^a	1.9±0.0 ^a	1.7±0.03 ^a

转下页

接上页

秦美 B	0.7±0.01 ^b	4.5±0.01 ^b	0.9±0.01 ^b	1.0±0.01 ^a	0.9±0.00 ^b	2.4±0.06 ^b	22.4±0.8 ^b	1.5±0.0 ^b	2.8±0.1 ^b	1.1±0.00 ^b
徐香 A	0.5±0.02 ^a	6.3±0.4 ^a	0.7±0.02 ^a	1.2±0.01 ^a	0.7±0.02 ^a	5.4±0.39 ^a	49.9±1.3 ^a	4.5±0.3 ^a	1.8±0.4 ^a	1.6±0.03 ^a
徐香 B	0.5±0.01 ^a	10.7±0.5 ^b	0.6±0.01 ^a	1.0±0.01 ^a	0.8±0.01 ^a	4.0±0.17 ^b	38.9±1.4 ^b	2.2±0.1 ^b	4.1±0.3 ^b	1.1±0.03 ^b
亚特 A	0.6±0.02 ^a	4.4±0.6 ^a	0.7±0.03 ^a	1.2±0.01 ^a	0.9±0.02 ^a	3.9±0.17 ^a	16.7±1.0 ^a	3.1±0.1 ^a	1.7±0.2 ^a	1.7±0.01 ^a
亚特 B	0.6±0.02 ^a	13.0±0.4 ^b	0.7±0.02 ^a	1.0±0.01 ^b	0.8±0.01 ^a	3.8±0.30 ^a	62.9±1.0 ^b	2.0±0.3 ^b	5.8±0.1 ^b	1.1±0.05 ^b
海沃德 A	0.8±0.01 ^a	3.7±0.4 ^a	0.8±0.01 ^a	1.2±0.01 ^a	0.9±0.01 ^a	3.9±0.08 ^a	10.8±1.0 ^a	2.3±0.1 ^a	1.5±0.0 ^a	1.6±0.02 ^a
海沃德 B	0.6±0.02 ^b	6.0±0.3 ^b	0.7±0.02 ^a	1.2±0.01 ^a	0.9±0.01 ^a	2.7±0.25 ^b	17.4±0.6 ^b	3.1±0.2 ^b	1.7±0.1 ^b	1.6±0.02 ^a
红阳 A	0.3±0.01 ^a	4.9±0.4 ^a	0.4±0.01 ^a	1.3±0.02 ^a	0.5±0.01 ^a	6.4±0.72 ^a	10.6±1.3 ^a	10.4±0.8 ^a	1.2±0.0 ^a	1.7±0.04 ^a
阳红 B	0.9±0.02 ^b	1.8±0.2 ^b	0.9±0.02 ^b	1.2±0.02 ^b	1.0±0.01 ^b	2.2±0.19 ^b	3.1±0.5 ^b	2.0±0.1 ^b	1.8±0.0 ^b	1.6±0.07 ^a
脐红 A	0.8±0.01 ^a	2.4±0.2 ^a	0.9±0.01 ^a	1.0±0.01 ^a	1.0±0.00 ^a	2.6±0.05 ^a	9.9±0.7 ^a	1.6±0.0 ^a	1.9±0.1 ^a	1.1±0.00 ^a
脐红 B	0.7±0.03 ^a	3.2±0.2 ^b	0.8±0.03 ^a	1.0±0.01 ^a	0.9±0.02 ^a	2.0±0.19 ^b	7.3±0.6 ^a	1.3±0.1 ^b	1.7±0.1 ^a	1.1±0.01 ^a

注：(1) A 表示对照果，B 表示膨大剂处理果；(2) W1C 表示芳香型化合物，W5S 表示氮氧化物，W3C 表示氨基、芳香成分(苯等)，W6S 表示氢类，W5C 表示长链烷烃和一些芳香成分，W1S 表示光谱甲基类(甲烷)，W1W 表示硫化成分(硫化氢等)，W2S 表示醇类和部分芳香型化合物，W2W 表示芳香化合物有机硫化物，W3S 表示芳香烷烃；(3) 同一品种和传感器不同字母表示差异不显著。

2.2.2 电子鼻结合 PCA 对 6 种猕猴桃对照果和膨大剂处理果的辨别分析

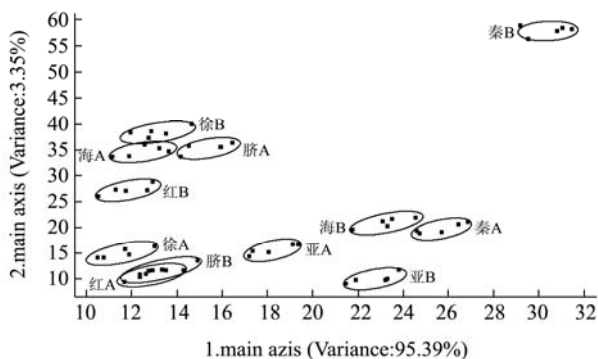


图5 电子鼻结合 PCA 辨别分析猕猴桃软熟时对照果和膨大剂处理果香气物质

Fig.5 Flavor substances, distinguished by a combination of electronic nose and PCA, in control and CPPU-treated kiwifruits during the ripening period

注：A 表示对照果，B 表示膨大剂处理果。

PCA (Principal Component Analysis) 分析能够最大限度地减少信息量的损失。贡献率能够直观地反映样品的信息，样品间横坐标上距离越大，差异越大。结合 2.2.1 中传感器响应值大小和贡献率，进行 PCA 分析时，将贡献率非常小的 W6S 和 W5C 传感器关闭，以免对分析结果产生负面效应。图 5 为电子鼻 PCA 分析图，PC1 贡献率为 95.39%，PC2 贡献率为 3.35%，两成分的总贡献率为 98.75%，包含大量样品信息，能够明显地区分 6 种猕猴桃对照果和膨大剂处理果。其中，PC1 对于区分品种间差异的贡献较大，PC2 则对于区分同一品种的对照果和膨大剂处理果有较大的贡献。中华猕猴桃红阳对照果和脐红膨大剂处理果重叠

区域较大，说明两者的香气成分极其相近。

2.3 感官评价

评价人员根据表 1 对 12 组猕猴桃样品进行感官品质评价，5 类感官属性评定结果的平均值如表 3 所示。6 种猕猴桃各膨大剂处理果及对照果的感官特性具有一定的差异，感官属性的差异可以很好地解释不同品种果实的风味特征。

表 3 可见，6 种猕猴桃的对照果均有较高的果形指数，果个大小均匀，外观良好。秦美、徐香和亚特果实经过膨大剂处理后，导致果实大小参差不齐，严重影响了外观品质。评价人员认为果实达到可食期，硬度为很软到有点软之间，12 组样品的果肉汁液均为较多甚至很多，说明人为的感官判定较难判定果实硬度和多汁性之间的差异。海沃德果肉颜色较其他绿肉品种果实颜色更深，达到“7”以上为深绿色，这与 2.1.4 得到的叶绿素测定结果相吻合；脐红猕猴桃果肉为深黄色，红阳果肉色泽为黄色。6 种猕猴桃的口感由好到差顺序为：脐红(A)≥徐香(A)≥脐红(B)>红阳(A)>红阳(B)>徐香(B)>亚特(A)>亚特(B)=秦美(A)>秦美(B)>海沃德(A)>海沃德(B)；另外，脐红猕猴桃口感最甜，海沃德猕猴桃最酸，评定结果与图 2C 固酸比结果一致，说明了固酸比决定了人们对猕猴桃口感的喜爱程度。徐香猕猴桃香气最浓，红阳和海沃德猕猴桃香气最弱，根据 2.2.1 电子鼻测定结果美味猕猴桃总体香气含量大于中华猕猴桃，与感官评价结果有一定的出入，说明人工评价对对照果和膨大剂处理果香气差异难以明显区分。所以，脐红猕猴桃凭借其较高的甜味深受喜甜和女性人群的喜爱；红阳和徐香猕猴桃酸甜爽口，

香气浓郁,深受广大人群的喜爱;秦美和亚特猕猴桃少数喜酸人们的青睐。口感和香气较淡;海沃德因其较高的酸度,只能得到

表3 猕猴桃的感官评定结果

Table 3 Sensory evaluation results of kiwifruits

指标	秦美		徐香		亚特		海沃德		脐红		红阳	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
外观	7.0	2.7	9.0	3.1	8.5	6.7	8.3	8.0	9.0	8.5	8.3	8.0
多汁性	5.0	6.0	5.3	5.5	6.3	5.5	5.8	6.0	6.0	6.8	6.0	5.5
色泽	7.3	6.0	4.8	5.5	4.8	4.5	7.0	7.5	7.0	7.3	6.3	6.7
口感	4.5	3.8	8.0	5.8	4.8	4.5	3.8	3.1	8.5	8.2	7.5	6.8
芳香味	5.0	5.3	7.3	6.3	6.0	6.8	4.0	4.3	5.3	5.5	4.3	4.1

注: A 表示对照果, B 表示膨大剂处理果。

3 讨论

方金豹等认为膨大剂能增强果实对光合产物的竞争能力,改善果实有机营养,使细胞分裂加快,时间延长^[21]。Antognozzi E 研究表明膨大剂处理使果实采收时 SSC 和色素含量显著高于对照果^[22]。本研究表明,采收时膨大剂处理果的 SSC 和叶绿素含量显著高于对照果,TA 含量显著低于对照果,使多种猕猴桃固酸比显著升高,与上述研究结果吻合。J.G.Cruz-Castillo 等认为膨大剂对果实发育过程中各种糖分、可滴定酸的含量变化产生影响,成熟的处理果糖酸含量明显高于对照果^[11]。Cooper T 研究表明膨大剂处理并不会加速果实采后软化和贮藏性能降低,但会导致软熟果实中干物质含量显著降低^[23]。本研究认为使用膨大剂使果实货架期显著缩短,由此可进一步研究膨大剂对不同品种猕猴桃不同条件下贮藏期的影响。研究表明膨大剂处理果的初始硬度、SSC 和 TA 含量显著高于对照果,软熟时膨大剂处理果 SSC 和 TA 含量均显著低于对照果,说明膨大剂对果实的代谢有一定促进作用,对此机理可做进一步研究。同一品种猕猴桃果实的硬度低,糖度和酸度也低;果实的水分高,糖度也低,因此,可对同一品种猕猴桃在采摘至软熟期间各类指标的变化趋势及其相关性进行研究,对预测猕猴桃贮藏期的品质变化有一定的参考价值。

软熟时,猕猴桃的香气成分主要由醇类和酯类化合物产生,膨大剂处理果中部分醇类和广谱甲基类物质的减少会影响猕猴桃香气,因此可以结合气相质谱联用仪器对膨大剂处理果和对照果香气成分的差异进行综合评价。膨大剂处理使果实的体积和产量增加,猕猴桃出现畸形果和裂果等,对其感官品质产生一定程度的不利影响;猕猴桃软熟时,在硬度无显著差异的情况下,膨大剂处理果水分含量和多汁性有一定的升高,但口感不如对照果,说明果实口感好坏是由质

地和多汁性等多种因素共同决定。另外,研究认为膨大剂对美味猕猴桃综合影响较大,可能是两类猕猴桃对膨大剂吸收利用能力的差异造成。

4 结论

4.1 膨大剂处理对猕猴桃品质的有利影响:膨大剂处理使果实体积增大,果重增加,产量提高,采摘期提前,水分和叶绿素含量显著高于对照果,提高了果实的初始品质。膨大剂处理会使猕猴桃软熟时氮氧化物和硫化物等挥发性成分含量的显著增加。

4.2 膨大剂处理对猕猴桃品质的不利影响:导致猕猴桃果形外观不良,贮藏时间缩短。采收期时,膨大剂处理果的硬度和可滴定酸含量显著低于对照果,SSC 含量高于对照果,由人们根据 SSC 确定采收期的方法,膨大剂处理提前了猕猴桃的采摘期。软熟时,膨大剂处理果的 SSC 和 TA 含量显著低于对照果,固酸比显著降低,使猕猴桃口感变淡,品质降低。膨大剂处理使果实软熟时外观发生畸变,口感变差,光谱甲基类和醇类芳香物质含量显著降低,对猕猴桃的风味品质产生一定的不利影响。

4.3 因此,为了猕猴桃产业的可持续健康发展,在农业生产中对于海沃德和脐红猕猴桃可适量使用膨大剂,而对于秦美、徐香、亚特和红阳猕猴桃避免使用膨大剂。

参考文献

- [1] 高金山,边庆华,张永忠,等.细胞分裂素 CPPU 的研究进展[J].农药,2006,45(3):151-152
GAO Jin-shan, BIAN Qing-hua, ZHANG Yong-zhong, et al. Researching progress of cytokinins CPPU [J]. Pesticide, 2006, 45(3): 151-152
- [2] 张静,任俊鹏,杨庆文,等.CPPU 对夏黑葡萄果实生长的影响[J].中国南方果树,2013,42(2):22-25

- ZHANG Jing, REN Jun-peng, YANG Qing-wen, et al. Effect of CPPU on summer black grape fruit growth [J]. *Fruit Trees in Southern China*, 2013, 42(2): 22-25
- [3] S Matsuo, K Kikuchi, M Fukuda, et al. Roles and regulation of cytokine in tomato fruit development [J]. *Experimental Botany*, 2013, 63(15): 5569-5579
- [4] Y Hayata, Y Niimi. Synthetic cytokinin-1-(2=chloro=4=pyridyl)-3-phenylurea (CPPU)-promotes fruit set and induces parthenocarp in water melon [J]. *Amer. Soc. Hortic*, 1995, 120: 997-1000
- [5] 易春,王中炎,袁飞荣,等.大果灵在翠玉猕猴桃上应用效果的评价[J].*湖南农业科学*,2007,3:100-102
YI Chun, WANG Zhong-yan, YUAN Fei-rong, et al. Evaluate big Guoling application effect on the jade kiwi fruit [J]. *Hunan Agricultural and Science*, 2007, 3: 100-102
- [6] 杨清平.CPPU 对美味猕猴桃果实重量、可溶性固形物及糖酸含量的影响[J].*亚热带植物科学*,2001,30(1):20-21
YANG Qing-ping. Effect of CPPU on delicious kiwi fruit weight, soluble solids and sugar acid content [J]. *Science of Subtropical Plant*, 2001, 30(1): 20-21
- [7] 谢志兵,鲁旭东.CPPU 对猕猴桃果实生长的影响[J].*农业与技术*,2003,23(3):63-65
XIE Zhi-bing, LU Xu-dong. Effect of CPPU on kiwifruit growth [J]. *Agriculture & Technology*, 2003, 23(3): 63-65
- [8] 刘兴华,郭井泉,罗安伟,等.果实膨大剂对陕西省猕猴桃产业负效应的调查分析[J].*保鲜与加工*,2004,1(4):30-32
LIU Xing-hua, GUO Jing-quan, LUO An-wei, et al. Investigation and analysis of fruit enabling on the effect of kiwifruit industry in shaanxi province [J]. *Storage and Process*, 2004, 1(4): 30-32
- [9] E Antognozzi, A Battistelli, F Famiani, et al. Influence of CPPU on carbohydrate accumulation and metabolism in fruits of *Actinidia deliciosa* (A. Chev) [J]. *Scientia Horticulture*, 1996, 65: 37-47
- [10] 方学智,费学谦,丁明,等.不同浓度 CPPU 处理对美味猕猴桃果实生长及品质的影响[J].*江西农业大学学报*,2006, 28(2):217-22
FANG Xue-zhi, FEI Xue-qian, DING Ming, et al. Effect of different concentration of CPPU treatment on delicious kiwi fruit growth and quality [J]. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 2006, 28(2): 217-221
- [11] J G Cruz-Castillo, A Baldicchi, T Frioni, et al. Pre-anthesis CPPU low dosage application increases 'Hayward' kiwifruit weight without affecting the other qualitative and nutritional characteristics [J]. *Food Chemistry*, 2014, 158: 224-228
- [12] 郭东卫,李嘉瑞.猕猴桃光合产物输出与分配规律的研究[J].*园艺学报*,1994,21(1):35-40
GUO Dong-wei, LI Jia-rui. Research of Kiwifruit photosynthesis production output and distribution rule [J]. *Journal of Gardening*, 1994, 21(1): 35-40
- [13] Miguel Peris, Laura Escuder-Gilabert. A 21st century technique for food control: electronic noses [J]. *Analytica Chimica Acta*, 2009, 638(6): 1-15
- [14] Liu M, Han X M, Tu K, et al. Application of electronic nose in Chinese spirits quality control and flavor assessment [J]. *Food Control*, 2012, 26: 564-570
- [15] 苏明申,张波,叶正文.基于电子鼻无损检测技术的桃果实香气研究[J].*果树学报*,2012,29(5):809-813
SU Ming-shen, ZHANG Bo, YE Zheng-wen. Based on electronic nose NDT technology TaoGuo real aroma research [J]. *Journal of Fruit Trees*, 2012, 29(5): 809-813
- [16] 邵小龙,张蓝月,宋伟,等.籼稻储藏品质的电子鼻快速检测方法研究[J].*中国粮油学报*,2014,29(4):104-107,128
SHAO Xiao-long, ZHANG Lan-yue, SONG Wei, et al. Research on indica rice storage quality of electronic nose fast detection method [J]. *Journal of China Grain and Oil*, 2014, 29 (4): 104-107, 128
- [17] Cosi M S, Benedetti S, Buratti S, et al. Application of the electronic nose in olive oil analyses [J]. *Olives and olive oil in health and disease prevention*. Preedy V.R. and Watson R.R.(eds), US: Academic Press, 2010, 36: 553-559
- [18] 冯莉,常爱霞,郭丛涛,等.电子鼻检测烤后烟叶挥发性组分的方法研究[J].*中国烟草科学*,2014,4:92-98
FENG Li, CHANG Ai-xia, GUO Cong-tao, et al. Research on electronic nose to detect the amount of volatile roast tobacco leaf method [J]. *Chinese Tobacco Science*, 2014, 4: 92-98
- [19] 任亚梅.猕猴桃果实叶绿素代谢及生理特性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009
REN Ya-mei. Research on the chlorophyll metabolism and physiological characteristics of kiwifruit [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2009
- [20] Young H, Paterson V J. The effects of harvest maturity, ripeness and storage on kiwifruit aroma [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1985, 36(5): 352-358
- [21] 方金豹,黄宏文,李绍华.CPPU 对猕猴桃果实发育过程中糖、酸含量变化的影响[J].*果树学报*,2002,19(4):235-239
FANG Jin-bao, HUANG Hong-wen, LI Shao-hua. Effect of CPPU on sugar and acid content in developmental processes of kiwifruit [J]. *Journal of Fruit Trees*, 2002, 19(4): 235-239

[22] Antognozzi E, Battistelli A, Famiani F, et al. Influence of CPPU on carbohydrate accumulation and metabolism in fruit of actinidia deliciosa [J]. Scientia Horticulturae, 1996, 65: 37-47

[23] Cooper T, Gonzalez L, Retamales J. Effects of CPPU on quality and postharvest life of kiwifruit [J]. Acta Horticulturae, 2008, 796: 167-171

