

成熟度和贮藏温度对草莓贮藏期间果实品质的影响

李莹,任艳青,闫化学,曹景顺,傅达奇*,罗云波*

(中国农业大学食品科学与营养工程学院,北京 100083)

摘要:为了研究草莓果实成熟度、贮藏温度与果实品质之间的关系,找到最佳的果实采摘成熟度和贮藏温度,考察了草莓果实的三种成熟度(1/2、3/4、全熟),在三个温度梯度(3、10、15℃)下贮藏9d,果实的货架品质(腐烂指数、失重率)、质构(硬度)、风味(可溶性固形物、可滴定酸)、营养价值(花青素、多酚、类黄酮物质)四个品质指标的变化情况。结果表明,贮藏9d后,1/2熟草莓果实具有较好的货架品质和质构,成熟度较高的草莓(3/4熟、全熟)具有较好的风味指标,果实成熟度和贮藏温度影响果实的货架品质、质构、风味及营养物质的含量。综合所述结果,在保证货架期和营养价值的前提下,草莓最佳采摘成熟度为3/4熟,采后贮藏温度为3℃。

关键词:成熟度,温度梯度,货架品质,质构,风味,营养价值

Effect of maturity and temperature on physical and chemical quality of strawberry

LI Ying, REN Yan-qing, YAN Hua-xue, CAO Jing-shun, FU Da-qi*, LUO Yun-bo*

(College of Food Science & Nutritional Engineering, China Agriculture University, Beijing 100083, China)

Abstract: The effect of fruit maturity and storage temperature on shelf-quality, texture, flavour and nutritive value of strawberry at different maturity (1/2-ripe, 3/4-ripe, full-ripe) such as decay index, weight loss, firmness, soluble solid content, titrable acidity, anthocyanin, phenolics and flavonoids were evaluated over nine days of cool storage under temperature (3, 10, 15 °C). The result showed that strawberry harvested at 1/2-ripe possessed better shelf-life quality and fruit texture, that harvested at 3/4-ripe or full-ripe stage contained better fruit flavor and nutritive value. The result showed that maturity stage and storage temperature would affect the shelf-life quality, fruit texture, flavor and nutritive value. All the above factors indicated that strawberry should be harvested at 3/4-ripe stage, then be stored under 3 °C in order to extend its shelf-life and maintain its nutritive value.

Key words: maturity; temperature gradient; shelf-life quality; texture; flavor; nutritive value

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2013)04-0335-06

草莓 (*Fragaria ananassa* Duch) 属蔷薇科草莓属,果实色泽鲜红、柔软多汁、富含钙、磷、铁和维生素C等多种营养成分,素有“水果皇后”的美誉^[1]。草莓因其营养丰富,医用价值高,经济效益显著,是春季最早上市的高档水果之一,但由于草莓果实属浆果,含水量高,组织柔嫩,极易受机械损伤和微生物的侵染,常温下放置1~2d就开始变色、变味甚至腐烂,使其商品价值迅速下降。因此,寻找适宜的贮藏保鲜条件来延长草莓果实的贮运期和货架寿命,是生产和销售中亟待解决的问题。色泽和外表一直以来都是果蔬销售过程中比较看重的品质特征,消费者看重

草莓果实的物理性质(大小、色泽、硬度、酸甜度和香气)^[2],但近些年来,人们也越来越关注果实的安全性和营养品质。Ayala等^[3]和Shin等^[4]发现相对于低温环境,高温环境下的草莓果实具有较高的花青素、总酚和类黄酮物质的含量。Wills等^[5]研究发现改善贮藏环境中的气体成分,如高O₂低CO₂可以得到较好保鲜效果,然而果实的色泽却会受到不良影响。果实成熟度对营养价值的影响也有相关报道,Wang等^[6]和Nunes等^[7]发现绿熟期的草莓果实花青素含量较低,随着草莓成熟度的增加,果实中多酚等抗氧化物质也逐渐增加,但花青素的增加主要出现在果实成熟前后。但果实成熟度和温度对草莓贮藏品质的综合影响却鲜有报道。本文主要是通过研究草莓果实的三种成熟度(1/2、3/4、全熟)在三个温度梯度(3、10、15℃)下,果实的货架品质(腐烂指数、失重率)、质构(硬度)、风味(可溶性固形物、可滴定酸)和营养价值(花青素、多酚、类黄酮物质)四个品质指标的变化情况,目

收稿日期:2012-08-27 * 通讯联系人

作者简介:李莹(1987-),女,硕士研究生,研究方向:果蔬采后生理。

基金项目:国家十二五科技支撑项目:食品包装与冷链物流关键技术研究与产业化示范(2011BAD24B00)子课题:草莓冷链物流核心技术研发(2011BAD24B02-5)。

的是在延长草莓果实货架期的前提下,尽量维持较高的营养价值,即找到贮藏过程中成熟度和温度的最佳结合点。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

草莓(红颜) 采自北京市昌平区小汤山草莓园,挑选三个成熟度,分别为(1/2成熟度,3/4成熟度,全熟)。

荣事达专业食物料理机 北京畅华志诚科技有限公司;85-2数显式恒温磁力搅拌器 江苏荣华仪器制造有限公司;UV-2012PCS紫外可见分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司;GL-20G-II高速冷冻离心机 上海安亭科学仪器有限公司;PB-10酸度计 德国赛多利斯;Penetrometer FT-02硬度计、PAL-1手持糖度仪 北京阳光亿事达贸易有限公司。

1.2 实验方法

草莓摘后2h内运回实验室,在3℃环境中,散除田间热,剔除畸果、烂果,选取大小一致的果实,按表1进行处理。

表1 草莓采后处理方案

Table 1 Postharvest strawberry processing scheme

成熟度	白熟期(1/2红)	红熟期(3/4红)	全熟期(全红)
	3	3	3
贮藏温度(℃)	10	10	10
	15	15	15

处理后托盘表面覆盖一层保鲜膜,放于不同温度的冷库中保藏,每3d(其中失重率每24h)取样一次,每次10个果实,打碎混合后取两组测量指标,每个指标平行三次。

1.3 生理指标的测定

1.3.1 腐烂指数的测定 参照文献[8]方法测定,计算公式见式(1)。

腐烂指数(%) = $\frac{\sum(\text{腐烂级别} \times \text{该级果实数量})}{(\text{最高腐烂级别} \times \text{总果实数量})} \times 100$ 式(1)

式中,腐烂级别的划分为:按果实腐烂面积大小将果实划分为5级:0级为无腐烂;1级为腐烂面积小于果实面积的1/4;2级为腐烂面积占果实面积的1/4~1/3;3级为腐烂面积占果实面积的1/3~1/2;4级表示腐烂面积大于果实面积的1/2。

1.3.2 失重率的测定 参照文献[9]方法测定,计算公式见式(2)。

失重率(%) = $\frac{(\text{入库当天的重量} - \text{每次测定时的重量})}{\text{入库当天的重量}} \times 100$ 式(2)

1.3.3 硬度的测定 参照文献[10]方法测定,用果实硬度计测量,取草莓,切开,测量其赤道部位的硬度,每个果实测量2次,每组10个果实,剔除异常值,然后计算平均值。

1.3.4 可溶性固形物(SSC)的测定 参照文献[11]方法测定,用手持糖度计测定,每组取10个果实,混合打碎后,取果浆迅速进行测定。

1.3.5 可滴定酸(TA)的测定 参照韩雅珊^[12]方法:酸碱中和法。

1.3.6 花青素的测定 采用pH示差法^[13-15]。

1.3.7 总酚的测定 采用福林酚比色法^[16]。

1.3.8 类黄酮物质的测定 参照文献[17]方法测定。

1.4 数据分析

应用SPSS 17.0对数据进行分析,去除异常值,进行单因素方差分析(ANOVA),不同理化指标的均值利用邓肯氏多重比较,对差异显著性(LSD, $p=0.05$)进行分析比较, $p<0.05$ 认为是具有显著性差异;同时也对不同理化指标的均值进行Pearson相关性分析,数据分析后用Origin 8.0作图。

2 结果与分析

2.1 不同成熟度和温度对草莓货架品质的影响

2.1.1 不同成熟度和温度对草莓腐烂指数的影响 随着贮藏时间的延长,草莓的腐烂指数呈逐渐增大的趋势。由图1可以看出,温度对草莓腐烂指数的影响比成熟度处理组要明显($p>0.05$),15℃的腐烂指数在贮藏3d后开始逐渐高于其他温度组,变化趋势也高于其他温度,特别是贮藏到第6d时,这种差异明显增大,此时15℃贮藏草莓的腐烂指数高达42%,高出10℃处理组约20%,高出3℃处理组约30%;同时,成熟度对腐烂指数也有一定的影响,但并不明显($p>0.05$),成熟度越大,草莓的腐烂指数越大,全熟期的草莓腐烂指数略大于1/2和3/4成熟度的草莓。

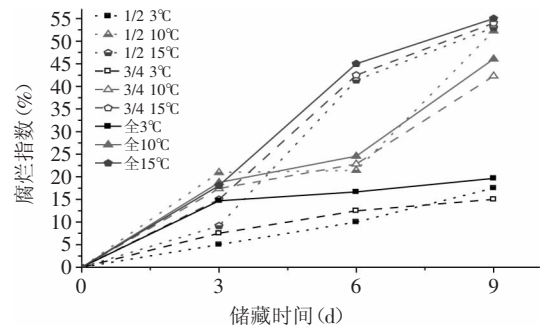


图1 不同成熟度和温度对草莓腐烂指数的影响

Fig.1 The effect of different maturity and temperature on decay index

通过对不同成熟度(1/2,3/4,全)草莓的腐烂指数与贮藏时间、贮藏温度作Pearson相关性分析,发现草莓的腐烂指数与贮藏时间之间有极显著的相关性($p<0.01$),相关系数R分别为0.806、0.797、0.835,说明时间也是影响草莓腐烂指数的一个重要因素,同时也可以看出3℃和1/2成熟度的草莓的腐烂指数相对较低。

2.1.2 不同成熟度和温度对草莓失重率的影响 失重率也是草莓贮藏过程中一个重要的货架指标。由图2可以看出,随着贮藏时间的延长,草莓的失重率呈逐渐增大的趋势($p<0.01$),特别是贮藏到第3d时,这种差距逐渐增大;温度和成熟度对草莓失重率的影响并不明显($p>0.05$),但从图2中可以看出,全熟期草莓失重率的变化趋势略高于其他成熟度组,草莓的失重率随着成熟度的增加而增大。

通过对不同成熟度(1/2,3/4,全)草莓的失重率与贮藏时间、贮藏温度作Pearson相关性分析,发现草莓的失重率与贮藏时间之间有极显著的相关性($p<$

0.01), 相关系数R分别为0.846、0.902、0.925。说明贮藏时间是影响草莓失重率的一个重要因素, 但可以看出1/2成熟度的草莓的失重率相对较低。

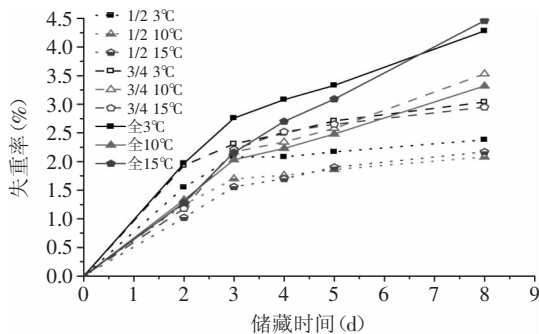


图2 不同成熟度和温度对草莓失重率的影响
Fig.2 The effect of different maturity and temperature on weight lost ratio

2.2 不同成熟度和温度对草莓质构的影响

果实硬度是衡量果实成熟度和质构品质的重要指标之一。在果实的成熟、衰老过程中, 果实的硬度逐渐降低。由图3可以看出, 随着贮藏时间的延长, 草莓的硬度逐渐降低; 成熟度对草莓的硬度有显著影响 ($p < 0.05$), 在整个贮藏过程中, 1/2成熟度的草莓硬度一直都高于3/4和全熟期的草莓 ($p < 0.05$), 特别是第3d后, 这种差距明显增大, 贮藏到第9d时, 3°C贮藏温度下, 1/2成熟度的草莓硬度约高出3/4成熟度的草莓150kg/cm², 约高出全熟期的草莓约230kg/cm²; 温度对草莓的硬度也有显著影响 ($p < 0.05$), 15°C草莓的硬度变化趋势明显大于其他温度组 ($p < 0.05$)。

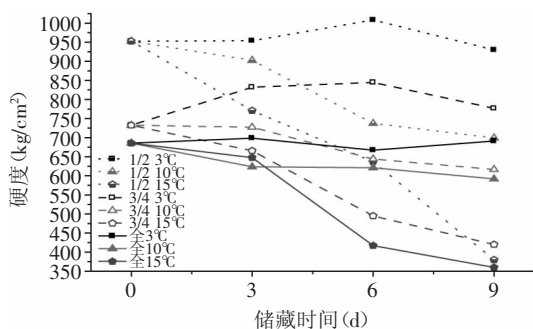


图3 不同成熟度和温度对草莓硬度的影响
Fig.3 The effect of different maturity and temperature on firmness

通过对不同成熟度(1/2, 3/4, 全)草莓的硬度与贮藏时间、贮藏温度作Pearson相关性分析, 发现草莓的硬度与贮藏温度之间有极显著的相关性 ($p < 0.01$), 相关系数R分别为-0.634、-0.732、-0.593; 同时草莓的硬度与成熟度之间也有显著的相关性 ($p < 0.01$), 相关系数为-0.521; 而贮藏时间却没有显著的相关性 ($p > 0.05$)。说明成熟度和贮藏温度是影响草莓硬度的重要因素, 可以看出1/2成熟度和3°C贮藏温度下的草莓果实硬度相对较高。

2.3 不同成熟度和温度对草莓风味的影响

2.3.1 不同成熟度和温度对可溶性固形物(SSC)的影响 SSC含量主要反映果实的可溶性糖含量, 直接

反映了草莓的成熟度和品质状况。由图4可以看出, 随着贮藏时间的延长, 草莓的可溶性固形物(SSC)逐渐增加, 但趋势并不明显 ($p > 0.05$), 成熟度对草莓的SSC含量影响明显 ($p < 0.01$), 全熟期草莓的SSC明显高于1/2和3/4成熟度的果实 ($p < 0.01$), 特别是全熟期草莓SSC的初始值含量高达8.7°Brix, 高出其他成熟期约1.4°Brix; 贮藏温度对草莓SSC值含量的影响并不明显 ($p > 0.05$), 但可以看出, 对于全熟期和3/4成熟度的草莓, 15°C储藏温度下草莓的SSC含量总是高于3°C的含量 ($p < 0.05$)。

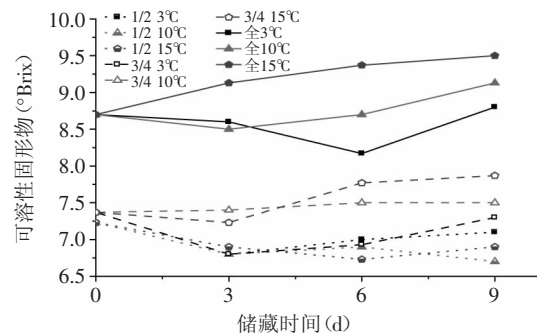


图4 不同成熟度和温度对草莓可溶性固形物的影响
Fig.4 The effect of different maturity and temperature on soluble solid content

通过对不同成熟度(1/2, 3/4, 全)草莓的SSC与贮藏时间、贮藏温度作Pearson相关性分析, 发现3/4和全熟期草莓的SSC含量与贮藏温度之间有极显著的相关性 ($p < 0.05$), 相关系数R分别为0.699、0.665, 但1/2成熟度的草莓却没有显著的相关性 ($p > 0.05$); 同时草莓的SSC含量与成熟度之间也有显著的相关性 ($p < 0.01$), 相关系数为0.895; 而在贮藏时间上却没有显著的相关性 ($p > 0.05$), 说明贮藏温度和成熟度是影响草莓SSC含量的主要因素。从图4中可以看出, 全熟期和15°C贮藏温度下的草莓中SSC含量相对较高。

2.3.2 不同成熟度和温度对可滴定酸含量的影响

果实中有机酸的含量对果实的口味、风味、糖酸比、pH、贮藏性、加工性质都具有重要的影响。由图5可以看出, 随着贮藏时间的延长, 草莓的可滴定酸含量(TA)呈逐渐降低的趋势; 成熟度对草莓的TA含量影响明显 ($p < 0.01$), 1/2成熟度草莓的TA含量明显高于

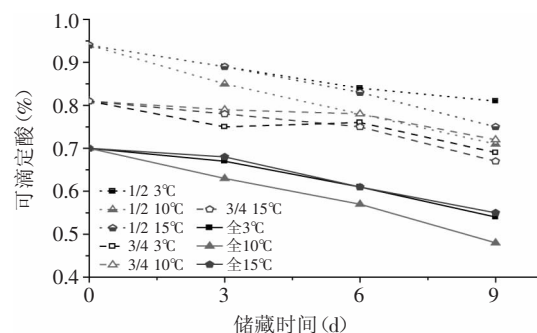


图5 不同成熟度和温度对草莓可滴定酸含量的影响
Fig.5 The different maturity and temperature on titratable acidity

3/4和全熟期的草莓 ($p < 0.01$), 这种差距一直持续到第9d; 但贮藏温度对草莓TA含量的影响并不明显 ($p > 0.05$), 但可以看出3/4成熟度草莓的TA变化趋势比其他成熟度组要平缓。

通过对不同成熟度 (1/2, 3/4, 全) 草莓的可滴定酸与贮藏时间、温度间作Pearson相关性分析, 发现1/2和3/4成熟度草莓的TA含量与贮藏时间之间有极显著的相关性 ($p < 0.01$), 相关系数R分别为-0.934、-0.900, 但全熟期的草莓却没有显著的相关性 ($p > 0.05$); 同时草莓的TA含量变化与成熟度之间也有显著的相关性 ($p < 0.01$), 相关系数为-0.819; 而在贮藏温度上却没有显著的相关性 ($p > 0.05$)。说明贮藏时间和成熟度是影响草莓可滴定酸的主要因素, 由图5可以看出, 3/4成熟度的草莓可滴定酸的变化趋势比较缓慢。

2.4 不同成熟度和温度对草莓营养价值的影响

果实中存在着大量的花青素、酚类物质和类黄酮类等植物次生代谢产物, 它们与果蔬的色泽发育、品质和风味形成、抗逆性和抗病性等作用密切相关, 也是重要的抗氧化类物质, 具有较高的营养价值。

2.4.1 不同成熟度和温度对草莓花青素含量的影响

由图6可以看出, 随着贮藏时间的延长, 草莓中花青素的含量呈逐渐增加的趋势 ($p < 0.05$); 随着温度的升高, 草莓中花青素的含量呈逐渐增加的趋势, 温度对花青素含量的影响并不明显 ($p > 0.05$), 但可以看出3℃下草莓的花青素含量低于其他温度组, 且变化趋势也比较缓慢; 成熟度对草莓花青素含量的影响明显 ($p < 0.05$), 最初这种差异性并不大, 但随着贮藏时间的延长, 这种差距性逐渐变大, 特别是到第9d时, 3℃贮藏温度下的全熟期的草莓花青素的含量高出1/2成熟度约37mg/100g ($p < 0.05$)。

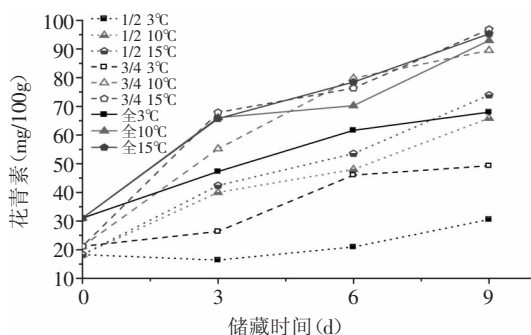


图6 不同成熟度和温度对草莓花青素含量的影响

Fig.6 The effect of different maturity and temperature on anthocyanin

通过对不同成熟度 (1/2, 3/4, 全) 草莓的花青素含量与贮藏时间和温度作Pearson相关性分析, 发现草莓的花青素含量与贮藏时间之间有显著的相关性 ($p < 0.05$), 相关系数R分别为0.720、0.795、0.901; 同时草莓的花青素含量与成熟度之间也有显著的相关性 ($p < 0.05$), 相关系数为0.400, 而在贮藏温度上却没有很明显的相关性 ($p > 0.05$)。说明贮藏时间和成熟度是影响草莓花青素含量的主要因素, 全熟期和3/4成熟度的草莓中花青素含量相对较高。

2.4.2 不同成熟度和温度对草莓总酚含量的影响

由图7可以看出, 随着贮藏时间的延长, 草莓中总酚含量呈逐渐增加的趋势 ($p < 0.01$), 特别是贮藏到第3d时, 这种差距明显增大 ($p < 0.05$), 15℃贮藏温度下, 1/2成熟度的草莓总酚比最初增加30mg/kg, 而3/4和全熟期草莓比最初增加约90mg/kg; 贮藏温度对草莓中总酚含量影响并不明显 ($p > 0.05$), 但可以看出15℃草莓中总酚含量总是高于其他温度组; 成熟度对草莓中总酚含量影响比较显著 ($p < 0.05$), 可以看出1/2成熟度草莓中总酚含量一直高于其他成熟度组, 特别是, 1/2成熟度草莓中初始总酚含量约高出其他组80mg/kg左右。

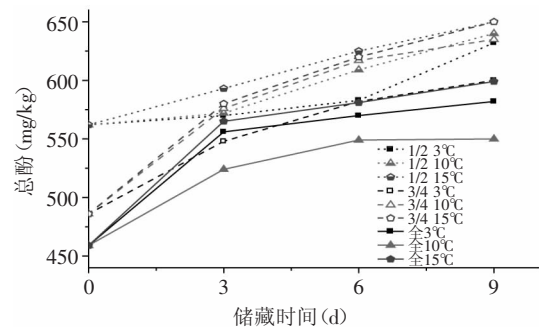


图7 不同成熟度和温度对草莓总酚含量的影响

Fig.7 The effect of different maturity and temperature on phenolics

通过对不同成熟度 (1/2, 3/4, 全) 草莓中总酚含量与贮藏时间和温度作Pearson相关性分析, 发现草莓中的总酚含量与贮藏时间之间有极显著的相关性 ($p < 0.01$), 相关系数R分别为0.929、0.923、0.850; 草莓中总酚含量与成熟度之间也有显著的相关性 ($p < 0.01$), 相关系数为-0.456, 为负相关; 而贮藏温度上却没有显著的相关性 ($p > 0.05$)。说明贮藏时间和成熟度是影响草莓中总酚含量的主要因素, 由图7可以看出, 1/2成熟度的草莓中总酚含量相对较高。

2.4.3 不同成熟度和温度对类黄酮含量的影响 由图8可以看出, 随着贮藏时间的延长, 草莓中类黄酮含量呈逐渐增加的趋势, 贮藏时间对草莓中类黄酮物质的影响并不明显 ($p > 0.05$), 但1/2成熟度草莓中类黄酮的含量变化趋势比其他成熟度组要平缓很多; 温度对草莓中类黄酮含量影响并不明显 ($p > 0.05$), 但3℃草莓中的类黄酮含量明显低于其他温度组 ($p <$

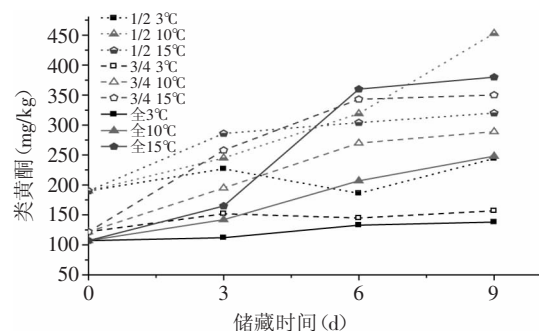


图8 不同成熟度和温度对草莓类黄酮含量的影响

Fig.8 The effect of different maturity and temperature on flavonoids

0.05),即草莓中类黄酮含量随着温度的升高而升高;成熟度对草莓中类黄酮含量影响也不显著($p>0.05$),但可以看出1/2成熟度草莓中类黄酮含量要高于其他成熟度组($p<0.05$)。

通过对不同成熟度(1/2, 3/4, 全)草莓中类黄酮含量与贮藏时间和贮藏温度作Pearson相关性分析,发现草莓中类黄酮含量与贮藏时间之间有显著的相关性($p<0.05$),相关系数R分别为0.686、0.646、0.647,草莓中类黄酮含量与成熟度之间也有显著的相关性($p<0.05$),相关系数为-0.357,为负相关;而贮藏温度上却没有显著的相关性($p>0.05$)。说明储藏时间和成熟度是影响草莓中类黄酮含量的主要因素,由图8可以看出,1/2成熟度的草莓中类黄酮含量相对较高。

3 相关性分析

由表2可以看出,草莓的腐烂指数与失重率、SSC、花青素、总酚、类黄酮呈正相关,其中与SSC相关性较弱,与硬度、TA呈负相关;失重率与SSC、花青素、总酚、黄酮类呈正相关,其中与SSC相关性较弱,与硬度、TA呈负相关;SSC与失重率、花青素呈正相关,其中与失重率相关性较弱,与TA、总酚、类黄酮呈负相关,其中与类黄酮相关系数较弱;花青素与失重率、总酚、类黄酮呈正相关。

4 讨论与结论

贮藏期间,草莓的腐烂指数、失重率变化趋势基本相同,随着贮藏时间延长,一些货架指标也开始出现劣变,低成熟度和低贮藏温度可以保持草莓较好的货架品质,Nunes等^[18]之前也有相关报道,通过相关性分析发现,贮藏时间是草莓果实品质劣变的一个主要因素。另外,随着贮藏时间的延长,草莓果实的硬度逐渐降低,果实色泽也开始变得暗淡,其原因之一是水分的丢失,另一方面的原因可能是色素的代谢或者是氧化导致。

草莓的可滴定酸(TA)和可溶性固形物(SSC)的变化呈相反趋势。贮藏过程中,TA呈逐渐降低的趋势,这主要是因为贮藏过程中TA作为呼吸底物被消耗,同时也有一部分在体内被转化为糖类^[19],贮藏过程中草莓的SSC呈略微上升的趋势,SSC主要体现可溶性糖含量的变化,草莓果实采收后,成了一个独立的生命体,没有了合成糖类的来源,但采收后仍然进行着生理代谢,糖类的增加主要是一些细胞壁物质

和纤维素类的分解^[9];成熟度对TA和SSC含量的影响呈显著性,低成熟度草莓中有机酸含量较高,但低成熟度草莓中可溶性糖含量也比较低,总体上,低成熟度草莓的风味(糖酸比)比全熟期要差。

贮藏期间,草莓pH一直呈酸性状态,酸性环境中花青素的存在使草莓果实呈现橙红色,在整个贮藏过程中草莓果实的颜色逐渐加深,这与花青素的积累是密切相关的,花青素随着成熟度会逐渐积累,Ferreyra等之前有过相关报道^[20],果实的颜色与花青素的浓度成正相关,花青素含量随着贮藏时间的延长而增加,贮藏时间和成熟度都是影响花青素含量的主要因素,低成熟度草莓中花青素含量较低,低温下草莓中花青素含量变化较平缓。Nunes等^[21]发现高成熟度的草莓果实花青素含量贮藏期间会逐渐降低,这可能与多酚氧化物的存在有关。

贮藏期间,多酚和黄酮类物质的变化趋势基本相同,都呈逐渐增高的趋势。贮藏时间和成熟度都是影响其含量的主要因素,低成熟度草莓中多酚和类黄酮等抗氧化物质的含量较高,并且这种差距在整个贮藏过程中变化甚微。Shin等^[22]也报道过不同成熟度草莓中多酚和类黄酮含量在贮藏期间比较稳定。

整体上,成熟度和贮藏温度对草莓果实品质都有影响,同全熟期草莓相比,低成熟度(1/2, 3/4)草莓的货架品质(腐烂指数、失重率)和质构(硬度)比较好,有利于延长果实的货架期,但风味(糖酸比)相对较差。另外,低成熟度的果实中多酚和类黄酮等抗氧化物质的含量较高,并且这种差距在贮藏过程中变化也不大,低温3℃时可以维持草莓果实更好的营养价值。因此,在保证货架期和营养价值的情况下,草莓最佳采摘成熟度为3/4熟,采后贮藏温度为3℃。

参考文献

- [1] 李丽萍,韩涛.草莓果实采后变化及贮藏保鲜[J].食品科学,1993(10):53-57.
- [2] Azadanlou R, Darbellay C, Luisier J L, et al. Quality assessment of strawberries (*Fragaria species*) [J]. Food Chemistry, 2003, 51: 715-721.
- [3] Ayala-Zavala J F, Wang S Y, Wang C Y, et al. Effect of storage Temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit [J]. Food Science and Technology, 2004, 37: 687-695.

表2 各个理化指标相关性分析

Table 2 The correlation analysis of different physical and chemical index

指标	腐烂指数	失重率	硬度	SSC	TA	花青素	总酚	类黄酮
腐烂指数	1.00							
失重率	0.691**	1.00						
硬度	-0.729**	-0.443**	1.00					
SSC	0.177	0.257	-0.545**	1.00				
TA	-0.497**	-0.622**	0.672**	-0.776**	1.00			
花青素	0.861**	0.764**	-0.813**	0.439**	-0.698**	1.00		
总酚	0.702**	0.647**	-0.199	-0.344**	0.028	0.535**	1.00	
类黄酮	0.819**	0.434**	-0.441**	-0.153	-0.054	0.586**	0.764**	1.00

注:SSC为可溶性固形物;TA可滴定固形物;**表示在0.01水平(双侧)上显著相关,*表示在0.05水平(双侧)上显著相关。

- [4] Shin Y, Liu R H, Nock J F, et al. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations and antioxidant activity of strawberry [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2007, 45: 349–357.
- [5] Wills R B H, Ku V V V, Leshem Y Y. Fumigation with nitric oxide to extend the postharvest life of strawberries [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 18: 75–79.
- [6] Wang SY, Lin H S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2000, 48: 140–146.
- [7] Nunes M C N, Brecht J K, Morais A, et al. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared to those that occur in harvested fruit during storage [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 86: 180–190.
- [8] 郑永华, 苏新国, 毛杭云. 纯氧处理草莓的保鲜效果初探 [J]. *南京农业大学学报*, 2001, 24(3): 85–88.
- [9] 王文果, 林琼, 王梅英, 等. 涂蜡对红橘果实货架期保鲜效果的影响 [J]. *保鲜与加工*, 2004(3): 15–17.
- [10] Bhaskara Reddy M V, Belkacemi Khaled, Corcuff Ronan, et al. Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2000, 20(1): 39–51.
- [11] Hernandez-munoz P, Almenar E, E Del V V, et al. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria xananassa*) quality during refrigerated storage [J]. *Food Chemistry*, 2008, 110(2): 428–435.
- [12] 韩雅珊. 食品化学实验指导 [M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1996.
- [13] Giusti M M, Wrolstad R E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV visible spectroscopy [J]. *Current Protocols* in Food Analytical Chemistry, 2001: 1–13.
- [14] Teow C C, Truong V D, McFeeters R F, et al. Antioxidant activities, phenolic and [beta] carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours [J]. *Food Chemistry*, 2007, 103(3): 829–838.
- [15] Meyers K J, Watkins C B, Pritts M P, et al. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries [J]. *Food Chemistry*, 2003, 51: 6887–6892.
- [16] Singleton V L, Orthofer R, Lamuela-Raventos R M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent [J]. *Methods Enzymol*, 1999, 299: 152–178.
- [17] 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: 54–125.
- [18] Nunes M C N, Brecht J K, Morais A, et al. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling [J]. *J Food Sci*, 1998, 63: 1033–1036.
- [19] 张立华, 张元湖, 曹慧, 等. 石榴皮提取液对草莓的保鲜效果 [J]. *农业工程学报*, 2010, 26(2): 361–365.
- [20] Ferreyra RM, Vina SZ, Mugridge A, et al. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva [J]. *Scientia Hort*, 2007, 112: 27–32.
- [21] Nunes MCN, Brecht JK, Morais A, et al. Possible influences of water loss and polyphenol oxidase activity on anthocyanin content and discoloration in fresh ripe strawberry (cv. Oso Grande) during storage at 1°C [J]. *J Food Sci*, 2005, 70: 79–84.
- [22] Shin Y, Liu RH, Nock JF, et al. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations and antioxidant activity of strawberry [J]. *Postharvest Biol Technol*, 2007, 45: 349–357.

(上接第334页)

- [7] Galeazzi M A, Sgarbieri V C, Constantinides S M. Isolation, purification and physicochemical characterization of polyphenoloxidases (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii* L.) [J]. *Journal of Food Science*, 1981, 46(1): 150–155.
- [8] Jiang A L, Tian S P, Xu Y. Effect of CA with high-O₂ or high-CO₂ concentrations on postharvest physiology and storability of sweet cherry [J]. *Acta Botanica Sinica*, 2002, 44(8): 925–930.
- [9] Acbi H. Catalase *in vitro* [J]. *Methods Enzymol*, 1984, 105: 121–126.
- [10] Cherif M Y. Effect of oxygen concentration on plant growth, lipid peroxidation, and receptivity of tomato roots to *Pythium F* under hydroponic conditions [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 1997, 103(3): 255–264.
- [11] Constable C P, Ryan C A. A survey of wound and methyl jasmonate induced leaf polyphenol oxidase in crop plants. *Phytochemistry*, 1998, 47(4): 507–511.
- [12] 郑仕宏, 周文化, 李忠海, 等. 鲜切砂梨加工技术的研究 [J]. *食品与机械*, 2006, 22(6): 66–68.
- [13] Thipyapong P, Steffens J C. Tomato Polyphenol Oxidase (Differential Response of the Polyphenol Oxidase F Promoter to Injuries and Wound Signals) [J]. *Plant Physiology*, 1997, 115(2): 409–418.
- [14] Burnette F S. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality: a review [J]. *J Food Sci*, 1977, 42: 1–5.
- [15] 刘冰, 梁娟娟. 生物过氧化氢酶研究进展 [J]. *中国农学通报*, 2005, 21(5): 223–224.
- [16] 冯磊, 郑永华, 汪峰, 等. 茉莉酸甲酯处理对冷藏水蜜桃品质的影响 [J]. *食品科学*, 2003, 24(9): 135–139.
- [17] Jiang Y M, Duan X W, Daryl J, et al. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit [J]. *Food Chemistry*, 2004, 88: 443–446.
- [18] Blokhina O, Virolainen E, Fagerstedt K V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review [J]. *Annals of Botany*, 2003, 91: 179–194.
- [19] 韩晋, 田世平. 外源茉莉酸甲酯对黄瓜采后冷害及生理生化的影响 [J]. *园艺学报*, 33(2): 289–293.
- [20] Yao H J, Tian S P. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2005, 35: 253–262.