

黑莓品种‘Boysen’鲜果贮藏特性的研究

赵慧芳, 王小敏, 吴文龙, 李维林^①, 李海燕, 屈乐文

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014]

摘要: 对黑莓(*Rubus* spp.)品种‘Boysen’不同成熟度(七成熟、八成熟和九成熟)的鲜果在常温(25 ℃)和低温(4 ℃)条件下的贮藏特性进行了研究,对贮藏时间以及贮藏前后果实的感官指标(色泽、香味和霉烂指数)、形态指标(质量和平均果径)及品质指标(可溶性固形物含量、可滴定酸含量、总花色苷含量以及固酸比)进行了比较。结果表明,不同成熟度和贮藏温度对黑莓鲜果的贮藏时间有明显影响,常温条件下九成熟、八成熟和七成熟果实的贮藏时间分别为3、4和5 d,低温条件下则分别为7、9和14 d;果实霉烂指数则随成熟度的提高及贮藏时间的延长不断提高,成熟度或贮藏温度越低(大于0 ℃),霉烂指数越小,果实的贮藏时间就越长;七成熟和八成熟的果实贮藏后色泽加深、香味变浓,而九成熟果实贮藏前后色泽和香味变化不大。采摘时不同成熟度的果实形态指标和品质指标具有一定的差异,其中,果实成熟度越大,果实质量、平均果径、可溶性固形物含量、固酸比及总花色苷含量越高,可滴定酸含量越低。低温及常温下贮藏后果实质量及平均果径、可溶性固形物含量和可滴定酸含量均不同程度减少,而固酸比和总花色苷含量均不同程度提高,但在低温贮藏条件下各项指标的变化幅度明显小于常温。总体上,在低温条件下,八成熟果实的霉烂指数低,贮藏时间较长,贮藏后的果实质量和平均果径变化幅度小,可溶性固形物含量、可滴定酸含量和总花色苷含量以及固酸比逐渐接近九成熟果实,果实品质提高。因而,在实际生产中宜采收八成熟果实并在4 ℃条件下贮藏和运输,能较好地保持黑莓鲜果的品质。

关键词: 黑莓品种‘Boysen’; 果实; 贮藏温度; 成熟度; 贮藏特性

中图分类号: S663.2; TS255.3 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)03-0028-09

Study on storage property of fresh fruit of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’ ZHAO Hui-fang, WANG Xiao-min, WU Wen-long, LI Wei-lin^①, LI Hai-yan, QU Le-wen (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, 19(3): 28-36

Abstract: The storage property of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’ fresh fruit with different mature degrees (70%, 80% and 90% maturity) was studied under normal temperature (25 ℃) and low temperature (4 ℃), and also, the storage time and sensory indexes (color, aroma and decay index), morphological indexes (weight and average diameter) and quality indexes (contents of soluble solid, titratable acid and total anthocyanin and ratio of soluble solid to titratable acid) were compared before and after storage. The results show that different mature degrees and storage temperatures have obvious influence on storage time of the fruits, and storage time of fruits of 70%, 80% and 90% maturity under normal temperature is 5, 4 and 3 d respectively, while that under low temperature is 14, 9 and 7 d respectively. The decay index of fruit increases with enhancing of mature degree and prolonging of storage time, and the lower mature degree or storage temperature (>0 ℃), the smaller decay index, the longer storage time. After storage, the fruits of 70% and 80% maturity appear color deepening and aroma thickening, while those of 90% maturity have a little change in color and aroma before and after storage. At harvesting, the morphological and quality indexes of fruit with different mature degrees have a certain difference, in which, the higher mature degree, the higher fruit weight, average diameter, soluble solid content, ratio of soluble solid to titratable acid and total anthocyanin content, and the lower titratable acid

收稿日期: 2009-05-20

基金项目: 江苏省农业高科技项目(BG2007311); 江苏省科技基础设施建设计划项目(BM2008101)

作者简介: 赵慧芳(1984—),女,山西临汾人,硕士,研究实习员,研究方向为植物化学和果品加工。

^①通信作者 E-mail: lwlcnbj@mail.cnbg.net

content. After storage under normal or low temperatures, the fruit weight and average diameter, contents of soluble solid and titratable acid all decrease with different extents, and ratio of soluble solid to titratable acid and total anthocyanin content increase with different extents, but change range of these indexes under low temperature is smaller than that under normal temperature. Generally, under low temperature, the 80% maturity fruit has lower decay index and longer storage time, change range of fruit weight and average diameter is small, and ratio of soluble solid to titratable acid, contents of soluble solid, titratable acid and total anthocyanin approach nearly those of 90% maturity fruit, therefore, fruit quality increases. It is suggested that the fruit of 80% maturity should be harvested in production, and be stored and transported under 4 °C, as a result blackberry fresh fruit quality can be kept.

Key words: blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’; fruit; storage temperature; mature degree; storage property

黑莓(*Rubus* spp.)为蔷薇科(Rosaceae)悬钩子属(*Rubus* L.)植物,原产北美^[1]。黑莓果实柔嫩多汁、酸甜爽口、风味独特、色泽艳丽、营养丰富^[2-3],其鲜食和加工产品受到欧美消费者的青睐,近年来也逐渐被国内消费者所接受,为新兴的第3代小果类果树。黑莓果实中水分含量高,在自然条件下采摘后的黑莓果实在贮藏过程中生理衰变快,且因组织娇嫩,存在易受机械损伤和微生物侵染而腐烂变质、品质下降快及腐烂率极高等问题。因此,对黑莓果实贮藏保鲜进行研究具有重要的意义。

鉴于果实的成熟度和贮藏温度对果实的贮藏品质具有重要影响,作者选用黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的新鲜果实,对不同贮藏温度条件下果实的感官、形态和品质指标进行观察和比较,分析黑莓果实的贮藏特性,对其最佳贮藏保鲜条件进行研究,为黑莓的实际生产提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试材料为黑莓品种‘Boysen’的七成熟、八成熟及九成熟鲜果,于2008年6月2日采自江苏省·中国科学院植物研究所黑莓品种园。

所用仪器有ZD-2自动电位滴定仪(上海今迈仪器仪表有限公司生产)、TU-1810紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限公司生产)、PAL-1数显手持糖度计(日本ATAGO公司生产)、SF2000电子数显卡尺(桂林广陆数字测控股份有限公司生产)和HX-302型电子天平(慈溪市天东衡器厂生产)等。所用试剂均为分析纯。

1.2 方法

于果实成熟期随机采收七成熟、八成熟和九成熟

的‘Boysen’果实各1 kg。其中,七成熟果实表面着色面积为果实总表面积的60%~70%,较硬;八成熟果实表面着色面积为果实总表面积的80%~90%,软硬适中;九成熟果实表面完全紫黑色,柔软多汁。随机选取3种成熟度的果实各40粒,分为2份,放于塑料保鲜盒中,在25 °C(常温)和4 °C(低温)条件下贮藏,观察果实感官指标(色泽、香味和霉烂指数)的变化,测定果实形态指标(质量和果径)。其余果实随机放于塑料保鲜盒中,每盒20粒,分别在25 °C和4 °C条件下贮藏,每天各取1盒,进行果实品质指标(可溶性固形物含量、可滴定酸含量和总花色苷含量)的测定。所有实验均为3次重复。若果实霉烂率超过50%,则结束实验。

1.2.1 感官指标观察 每天观察果实的色泽和香味,并统计果实的霉烂指数。果实色泽的深浅和香味的浓淡用“+”号表示,“+”号越多表示色泽越深或香味越浓。

以果实表面出现水渍状病斑或霉状物作为果实霉烂的判别依据,也即霉烂指数。按霉烂面积的大小将果实的霉烂程度划分为3级:1级,果实有1~3个霉烂斑点;2级,霉烂面积占果实总表面积的25%~50%;3级,霉烂面积大于果实总表面积的50%。霉烂指数的计算公式为: $I = [\sum (l_i \times d_i) / (L \times D)] \times 100\%$ ^[4]。式中, I 为霉烂指数; l_i 为各级霉烂果实数目; d_i 为霉烂级值; L 为总果实数; D 为最高级值。

1.2.2 形态指标测定 各处理组均每天定向选择10个果实,测量质量和果径。果实质量用电子天平称量,果实的横径(基部直径)和纵径(顶部到基部的长度)分别用游标卡尺测量。平均果径为横径和纵径的几何平均值,计算公式为: $\bar{d} = \sqrt[3]{d^2 \times l}$ 。式中, \bar{d} 表示平均果径(cm); d 表示果实横径(cm); l 表示果

实纵径 (cm)。

1.2.3 品质指标测定 各处理组每天随机选取 5 个果实,测定可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比和总花色苷含量。

可溶性固形物含量采用 PAL-1 数显手持糖度计测定,果实研磨后取上层浆汁用于测定。

可滴定酸含量采用滴定法^[5]测定。果实研磨后取果浆 20.00 g,用纯净水稀释 10 倍,搅拌后于 5 000 r·min⁻¹ 离心 10 min,准确称取上清液 30.000 g,用 0.1 mol·L⁻¹ NaOH 溶液滴定至 pH 8.00 后终止滴定,计算果实中可滴定酸含量。

固酸比按下式计算: $X=S/A$ 。式中, X 为固酸比; S 为可溶性固形物含量; A 为可滴定酸含量。

总花色苷含量采用 pH 示差法^[6-7]测定:用移液管吸取上述上清液 2~4 mL,分别用 pH 1.00 (0.2 mol·L⁻¹ 乙酸钠与 0.2 mol·L⁻¹ 乙酸等体积混合液) 和 pH 4.50 (0.2 mol·L⁻¹ KCl 与 0.2 mol·L⁻¹ HCl 按体积比 25:67 配制的混合液) 的缓冲液稀释至 20 mL,混匀,以缓冲液做空白,分别在 510 和 700 nm 处测定吸光度。按以下公式计算总花色苷含量(以矢车菊-3-葡萄糖苷计): $A=(A_{510}-A_{700})_{pH 1.00}-(A_{510}-A_{700})_{pH 4.50}$, $ACY=[(A \times MW \times DF \times 10) / (\varepsilon \times 1)] \times 100$ 。上述公式中, A 为校正吸光度; ACY 为总花色苷含量

(g·kg⁻¹); MW 为 1 mol 矢车菊-3-葡萄糖苷的分子质量($MW=449.2$); DF 为稀释因子; ε 为矢车菊-3-葡萄糖苷的摩尔消光系数($\varepsilon=26\ 900$)。

2 结果和分析

2.1 黑莓品种 'Boysen' 新鲜果实贮藏期间感官指标的变化

2.1.1 果实色泽和香味的变化 不同贮藏温度下黑莓品种 'Boysen' 新鲜果实贮藏前后感官指标(色泽和香味)的变化见表 1。由表 1 可以看出,七成熟果实在 4℃(低温)条件下贮藏时间最长,为 14 d;九成熟果实在 25℃(常温)条件下贮藏时间最短,为 3 d。3 种成熟度不同的果实贮藏时间有差异,其中,七成熟果实的贮藏时间最长,八成熟果实次之,九成熟果实的贮藏时间最短。不同成熟度的果实在低温条件下的贮藏时间均较常温条件下长,其中差异最大的为七成熟果实,常温下与低温下的贮藏时间相差 9 d。由此可见,低温贮藏和采摘时较低的成熟度均能延长黑莓果实的货架期。Cordenunsi 等^[8] 在研究草莓 (*Fragaria x ananassa* Duch.) 果实的贮藏特性时也得出相似的结果。

表 1 黑莓品种 'Boysen' 不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏前后色泽和香味的比较¹⁾

Table 1 Comparison of color and aroma of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar 'Boysen' fruit with different mature degrees before and after storage under different temperatures¹⁾

果实成熟度 Fruit mature degree	贮藏温度/℃ Storage temperature	贮藏时间/d Storage time	色泽 Color		香味 Aroma	
			贮藏前 Before storage	贮藏后 After storage	贮藏前 Before storage	贮藏后 After storage
九成熟果实 Fruit of 90% maturity	25	3	+++++	+++++	+++++	+++++
八成熟果实 Fruit of 80% maturity	25	4	++++	+++++	+++	++++
七成熟果实 Fruit of 70% maturity	25	5	++	++++	+	+++
	4	14	++	++	+	++

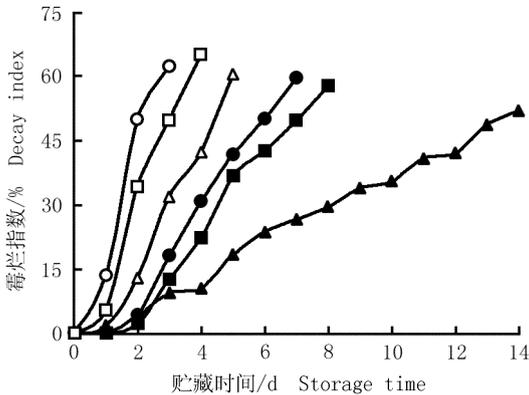
¹⁾ “+”表示果实色泽的深浅或香味的浓淡,“+”越多表示色泽越深或香味越浓 The “+” symbol indicates the degree of fruit color or aroma, and the more number of “+”, the deeper color or the stronger aroma.

黑莓品种 'Boysen' 七成熟果实为暗红色,基本无香味;常温贮藏 3 d 后色泽转变为紫红色,接近九成熟果实的水平,之后基本保持不变;香味在贮藏后变浓,但达不到九成熟果实的水平;低温贮藏 14 d 后色泽略加深,香味略微变浓,变化很小。八成熟果实为紫红色,香味略淡;常温贮藏 4 d 内色泽加深,香味变浓,接

近九成熟果实的水平;低温贮藏 8 d 后色泽才转变为紫黑色,香味也逐渐变浓,但达不到九成熟果实的水平。九成熟果实为紫黑色,香味较浓;常温贮藏 3 d 和低温贮藏 7 d 内果实的色泽和香味基本保持不变。Ayala-Zavala 等^[9] 的研究结果表明,温度是影响果实香味的主要因素,草莓 (*Fragaria x ananassa*

‘Chandler’)果实贮藏在0℃时香味变化很小,而贮藏在5℃和10℃条件下香味则有较大的提高,这与作者的研究结果基本一致。

2.1.2 果实霉烂指数的变化 黑莓品种‘Boysen’果实常温低温贮藏期间霉烂指数随贮藏时间的延长不断提高(图1)。常温条件下贮藏1d后,七成熟、八成熟和九成熟果实的霉烂指数分别为1.9%、5.5%和13.7%;低温条件下贮藏1d后,七成熟和八成熟果实没有出现腐烂现象,九成熟果实的霉烂指数为0.4%,均显著低于常温条件。从整个贮藏过程来看,无论是在常温还是低温贮藏条件下,八成熟果实的霉烂指数均显著低于九成熟果实,七成熟果实的霉烂指数均显著低于八成熟果实。从霉烂指数超过50%所需的时间来看,常温贮藏条件下,七成熟果实为4d,八成熟果实为3d,九成熟果实为2d;低温贮藏条件下,七成熟果实为13d,八成熟果实为8d,九成熟果实为6d。



- △—: 七成熟果实, 温度 25℃ Fruit of 70% maturity at 25℃;
- ▲—: 七成熟果实, 温度 4℃ Fruit of 70% maturity at 4℃;
- : 八成熟果实, 温度 25℃ Fruit of 80% maturity at 25℃;
- : 八成熟果实, 温度 4℃ Fruit of 80% maturity at 4℃;
- : 九成熟果实, 温度 25℃ Fruit of 90% maturity at 25℃;
- : 九成熟果实, 温度 4℃ Fruit of 90% maturity at 4℃.

图1 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏期间霉烂指数的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of decay index of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’ fruit with different mature degrees under different temperatures during storage

由此可见,低温贮藏可以有效降低黑莓果实霉烂的速度,延长鲜果的贮藏时间。其原因与低温降低果实的呼吸作用以及抑制病原菌的活动有关^{[10]16,127}。同时,霉烂指数的高低也与果实成熟度有关,成熟度越高,果实霉烂越快,同一时间内霉烂指数也越高,这可

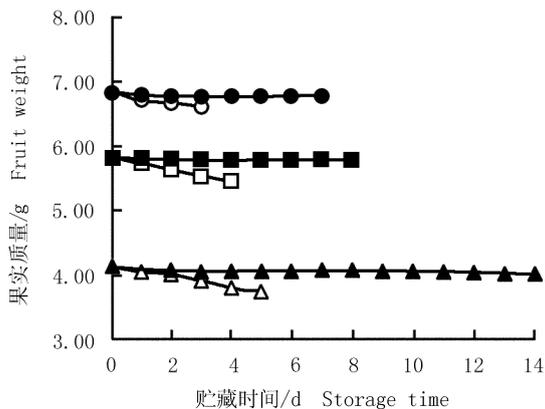
能与果实的硬度相关,成熟度越高的果实硬度越小,病原菌更易入侵。

2.2 黑莓品种‘Boysen’新鲜果实贮藏期间形态指标的变化

2.2.1 果实质量的变化 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的果实贮藏于25℃(常温)和4℃(低温)条件下果实质量的动态变化见图2。由图2可以看出,采摘时,不同成熟度的鲜果质量差异较大,七成熟、八成熟和九成熟果实的平均质量分别为4.13、5.82和6.83g。七成熟果实常温下贮藏5d果实质量平均每天下降74.80mg,低温下贮藏14d果实质量平均每天下降7.69mg,前者是后者的9.73倍;八成熟果实常温下贮藏4d果实质量平均每天下降67.10mg,低温下贮藏9d果实质量平均每天下降22.90mg,前者是后者的2.93倍;九成熟果实常温下贮藏3d果实质量平均每天下降52.40mg,低温下贮藏7d果实质量平均每天下降7.74mg,前者是后者的6.77倍。由此可见,低温贮藏条件下黑莓果实质量下降速率明显小于常温。

2.2.2 果实平均果径的变化 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的果实贮藏于25℃(常温)和4℃(低温)条件下平均果径的动态变化见图3。由图3可以看出,采摘时黑莓品种‘Boysen’不同成熟度鲜果的平均果径存在一定的差异,但差异较果实质量小,七成熟、八成熟和九成熟果实的平均果径分别为2.10、2.35和2.52cm。在常温贮藏条件下不同成熟度果实的平均果径均略有减小,且成熟度越高,平均果径减小的速率越快;而在低温贮藏条件下,不同成熟度果实的平均果径在贮藏期的前5~6d内略有增加,6d之后均有所减小。这一现象可能是由于采收后黑莓品种‘Boysen’的果实细胞未完全停止生长、细胞在5~6d时间内继续膨大所引起的^{[10]30}。

从整个贮藏过程来看,七成熟果实常温贮藏5d平均果径平均每天减小0.112mm,低温贮藏14d平均果径平均每天减小0.022mm,前者是后者的5.09倍;八成熟果实常温贮藏4d平均果径平均每天减小0.045mm,低温贮藏9d平均果径平均每天减小6.57μm,前者是后者的6.85倍;九成熟果实常温贮藏3d平均果径平均每天减小0.050mm,低温贮藏7d平均果径平均每天减小3.31μm,前者是后者的15.11倍。由此可见,低温贮藏条件下果实平均果径减小的速率明显小于常温。



—△—: 七成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 70% maturity at 25 °C;
 —▲—: 七成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 70% maturity at 4 °C;
 —□—: 八成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 80% maturity at 25 °C;
 —■—: 八成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 80% maturity at 4 °C;
 —○—: 九成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 90% maturity at 25 °C;
 —●—: 九成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 90% maturity at 4 °C.

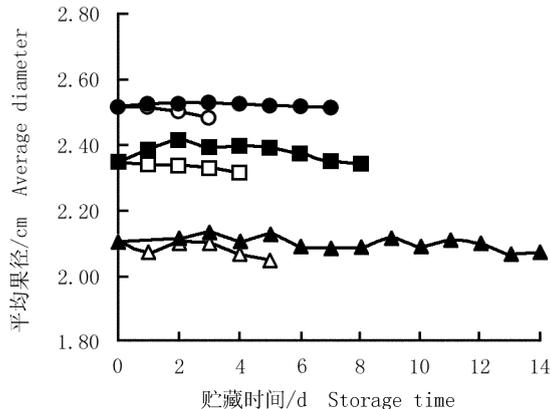
图 2 黑莓品种 'Boysen' 不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏期间质量的动态变化

Fig. 2 Dynamic change of weight of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar 'Boysen' fruit with different mature degrees under different temperatures during storage

2.3 黑莓品种 'Boysen' 新鲜果实贮藏期间品质指标的变化

黑莓品种 'Boysen' 果实的成熟度越高, 可溶性固形物含量越高, 可滴定酸含量越低, 固酸比越大, 总花色苷含量也越高。

2.3.1 可溶性固形物含量的变化 在 25 °C (常温) 和 4 °C (低温) 条件下, 黑莓品种 'Boysen' 不同成熟度果实贮藏期间可溶性固形物平均含量的动态变化见图 4。由图 4 可见, 采摘时成熟度不同的果实中可溶性固形物的平均含量就存在一定的差异, 七成熟、八成熟和九成熟鲜果的可溶性固形物的平均含量分别为 8.50%、10.00% 和 12.00%。常温和低温贮藏条件下, 不同成熟度果实中可溶性固形物平均含量随贮藏时间延长有不同程度的减少。七成熟果实在常温条件下贮藏第 2 和第 3 天可溶性固形物的平均含量减少最多, 均为 0.80 百分点, 贮藏 5 d 内则平均每天减少 0.44 百分点; 在低温条件下贮藏第 4 天可溶性固形物的平均含量减少幅度最大, 为 0.60 百分点, 贮藏 14 d 内则平均每天下降 0.12 百分点。八成熟果实在常温条件下贮藏第 2 天可溶性固形物的平均含量减少幅度最大, 达 1.00 百分点, 贮藏 4 d 内平均每天减少 0.55 百分点; 在低温条件下贮藏第 3 天可溶性固形物平均含量减少幅度最大, 达 0.40 百分点, 贮藏



—△—: 七成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 70% maturity at 25 °C;
 —▲—: 七成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 70% maturity at 4 °C;
 —□—: 八成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 80% maturity at 25 °C;
 —■—: 八成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 80% maturity at 4 °C;
 —○—: 九成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 90% maturity at 25 °C;
 —●—: 九成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 90% maturity at 4 °C.

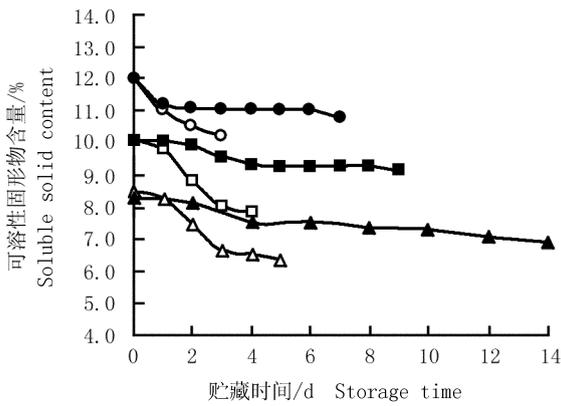
图 3 黑莓品种 'Boysen' 不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏期间平均果径的动态变化

Fig. 3 Dynamic change of average diameter of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar 'Boysen' fruit with different mature degrees under different temperatures during storage

9 d 内则平均每天减少 0.10 百分点。九成熟果实在常温条件下贮藏第 1 天可溶性固形物平均含量减少幅度最大, 为 1.00 百分点, 贮藏 3 d 内平均每天减少 0.60 百分点; 在低温条件下贮藏第 1 天可溶性固形物平均含量减少幅度最大, 为 0.80 百分点, 贮藏 7 d 内平均每天减少 0.17 百分点。

由此可知, 在常温和低温贮藏条件下, 九成熟果实中可溶性固形物的平均含量最高、八成熟果实的次之、七成熟果实中可溶性固形物的平均含量最低; 在不同贮藏温度下, 果实成熟度越高, 可溶性固形物平均含量下降速率的峰值出现越早、下降速率越快。此外, 低温贮藏条件下果实可溶性固形物平均含量的下降速率明显小于常温。

2.3.2 可滴定酸含量的变化 黑莓品种 'Boysen' 不同成熟度果实贮藏于 25 °C (常温) 和 4 °C (低温) 条件下可滴定酸平均含量的动态变化见图 5。由图 5 可见, 采摘时成熟度不同的果实中可滴定酸平均含量存在一定的差异, 其中七成熟、八成熟和九成熟鲜果中可滴定酸平均含量分别为 3.29%、2.48% 和 1.95%。在常温和低温贮藏条件下, 不同成熟度果实中可滴定酸平均含量随贮藏时间的延长均有不同程度的降低。常温和低温贮藏条件下, 七成熟、八成熟和九成熟果实中可滴定酸平均含量的下降速率均为第 1 天最高,



- △—: 七成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 70% maturity at 25 °C;
- ▲—: 七成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 70% maturity at 4 °C;
- : 八成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 80% maturity at 25 °C;
- : 八成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 80% maturity at 4 °C;
- : 九成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 90% maturity at 25 °C;
- : 九成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 90% maturity at 4 °C.

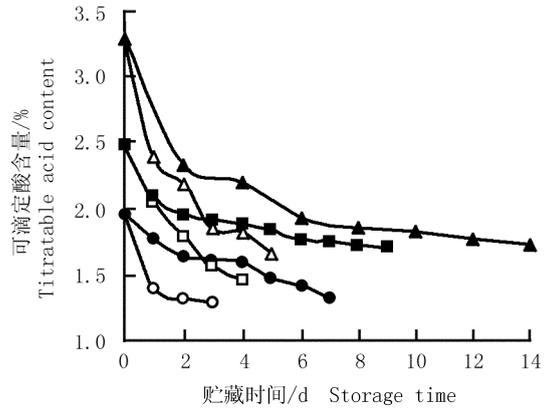
图4 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏期间可溶性固形物含量的动态变化

Fig. 4 Dynamic change of soluble solid content of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’ fruit with different mature degrees under different temperatures during storage

其中, 常温条件下分别下降了 0.91、0.44 和 0.55 百分点, 低温条件下分别下降了 0.29、0.39 和 0.17 百分点。在整个贮藏期间, 在常温条件下, 不同成熟度果实中可滴定酸的含量随贮藏时间的延长逐渐降低, 七成熟、八成熟和九成熟果实的可滴定酸平均含量每天分别平均下降 0.33、0.26 和 0.22 百分点; 而在低温条件下, 七成熟、八成熟和九成熟果实中可滴定酸的含量每天分别平均下降 0.21、0.09 和 0.09 百分点。

总体上来看, 在常温和低温贮藏条件下, 果实成熟度越低, 可滴定酸平均含量的下降速率越快。这一现象可能与成熟度较低的果实需通过一定的后熟阶段有关。另外, 低温贮藏条件下果实中可滴定酸平均含量的下降速率明显低于常温。

2.3.3 固酸比的变化 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度果实贮藏于 25 °C (常温) 和 4 °C (低温) 条件下平均固酸比的动态变化见图 6。由图 6 可以看出, 采摘时成熟度不同的果实平均固酸比存在一定的差异, 其中, 七成熟、八成熟和九成熟鲜果的平均固酸比分别为 2.58、4.03 和 6.15。在常温和低温贮藏条件下, 不同成熟度果实的平均固酸比随贮藏时间延长均不同程度提高。在常温条件下, 七成熟果实贮藏第 1 天平均固酸比增加幅度最大, 为 0.86, 贮藏 5 d 内平均固



- △—: 七成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 70% maturity at 25 °C;
- ▲—: 七成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 70% maturity at 4 °C;
- : 八成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 80% maturity at 25 °C;
- : 八成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 80% maturity at 4 °C;
- : 九成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 90% maturity at 25 °C;
- : 九成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 90% maturity at 4 °C.

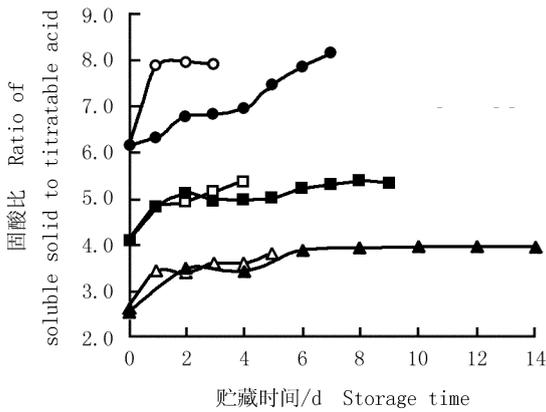
图5 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏期间可滴定酸含量的动态变化

Fig. 5 Dynamic change of titratable acid content of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’ fruit with different mature degrees under different temperatures during storage

酸比平均每天提高 0.25; 在低温条件下, 贮藏第 1 天平均固酸比增加幅度最大, 为 0.89, 贮藏 14 d 内平均固酸比平均每天提高 0.08。在常温条件下, 八成熟果实贮藏的第 1 天平均固酸比增加幅度最大, 为 0.77, 贮藏 4 d 内平均固酸比平均每天提高 0.34; 在低温条件下, 贮藏的第 1 天平均固酸比增加幅度最大, 达 0.76, 贮藏 9 d 内平均固酸比平均每天提高 0.15。在常温条件下, 九成熟果实贮藏第 1 天固酸比的增加幅度最大, 为 1.71, 贮藏 3 d 内平均固酸比平均每天提高 0.61; 在低温条件下, 贮藏的第 2 天平均固酸比增加幅度最大, 为 0.48, 贮藏 7 d 内平均固酸比平均每天提高 0.29。

由此可知, 在常温和低温贮藏条件下, 果实成熟度越高, 固酸比增加越快; 低温贮藏条件下黑莓果实固酸比的提高速率明显低于常温。

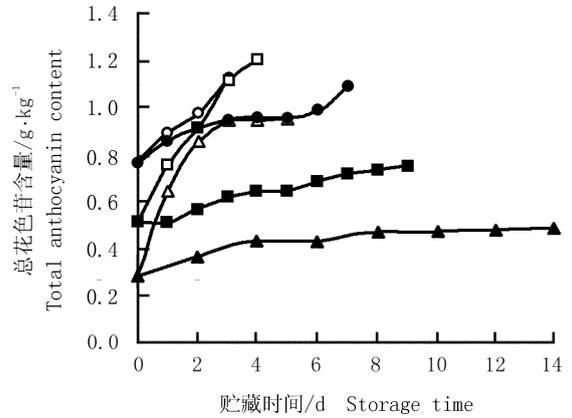
2.3.4 总花色苷含量的变化 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度果实贮藏于 25 °C (常温) 和 4 °C (低温) 条件下总花色苷平均含量的动态变化见图 7。由图 7 可见, 采摘时成熟度不同的果实总花色苷的平均含量有明显差异, 其中, 七成熟、八成熟和九成熟鲜果的总花色苷平均含量分别为 0.280 8、0.508 2 和 0.762 0 g · kg⁻¹。有研究表明, 黑莓果实色素具有较强的稳定



- △—: 七成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 70% maturity at 25 °C ;
 —▲—: 七成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 70% maturity at 4 °C ;
 —□—: 八成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 80% maturity at 25 °C ;
 —■—: 八成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 80% maturity at 4 °C ;
 —○—: 九成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 90% maturity at 25 °C ;
 —●—: 九成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 90% maturity at 4 °C .

图6 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏期间固酸比的动态变化

Fig. 6 Dynamic change of ratio of soluble solid to titratable acid of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’ fruit with different mature degrees under different temperatures during storage



- △—: 七成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 70% maturity at 25 °C ;
 —▲—: 七成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 70% maturity at 4 °C ;
 —□—: 八成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 80% maturity at 25 °C ;
 —■—: 八成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 80% maturity at 4 °C ;
 —○—: 九成熟果实, 温度 25 °C Fruit of 90% maturity at 25 °C ;
 —●—: 九成熟果实, 温度 4 °C Fruit of 90% maturity at 4 °C .

图7 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏期间总花色苷含量的动态变化

Fig. 7 Dynamic change of total anthocyanin content of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’ fruit with different mature degrees under different temperatures during storage

性^[11]。本研究中,在常温和低温条件下,不同成熟度果实的总花色苷平均含量随贮藏时间延长均有所增加;在常温贮藏条件下,七成熟、八成熟和九成熟果实总花色苷平均含量平均每天分别增加 0.135、0.174 和 0.123 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$;在低温贮藏条件下,七成熟、八成熟和九成熟果实的总花色苷平均含量平均每天分别增加 0.015、0.028 和 0.048 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

由此可知,在常温贮藏条件下,黑莓品种‘Boysen’八成熟果实的总花色苷平均含量提高速率最高,七成熟果实次之,九成熟果实最低;而在低温贮藏条件下,七成熟和八成熟果实总花色苷平均含量的平均提高速率明显低于九成熟果实。另外,低温贮藏条件下果实总花色苷的平均含量提高速率明显低于常温。Shin 等^[12]的研究结果表明,在 3 °C 和 10 °C 下贮藏,在白熟期的草莓总花色苷含量持续上升,而在红熟期的草莓总花色苷含量 9 d 内变化不大,10 d 后迅速下降。Cordenunsi 等^[8]认为,草莓果实贮藏于 25 °C 和 16 °C 条件下,其总花色苷含量迅速上升,而贮藏于 6 °C 条件下,其总花色苷含量缓慢上升,在 6 °C 条件下贮藏的草莓果实总花色苷含量仅为贮藏于 25 °C 条件下的草莓果实的 30%。这些研究结果与作者的测定结果类似。

2.4 黑莓品种‘Boysen’新鲜果实贮藏后主要性状指标变化幅度的综合分析

黑莓品种‘Boysen’果实经过常温及低温贮藏后果实主要性状指标的变化幅度见表 2。

由表 2 可以看出,不同成熟度的果实贮藏于不同温度条件下,其果实质量和平均果径均不同程度减小,且果实质量的减小幅度较平均果径大;在同一温度条件下,果实成熟度越高,果实质量和平均果径的减小幅度越小;成熟度相同的果实,在常温贮藏条件下其果实质量和平均果径的减小幅度高于低温贮藏条件。八成熟果实常温贮藏 4 d 后果实质量减少了 4.62%,低温贮藏 9 d 后果实质量减少了 0.48%;九成熟果实常温贮藏 3 d 后平均果径减小了 0.60%,低温贮藏 7 d 后平均果径减小了 0.08%。这一现象可能是由贮藏过程中果实脱水造成的,贮藏温度越高,果实中水分的散失越快,所以低温贮藏条件下果实质量减小幅度较小^{[10][24]}。

常温贮藏条件下不同成熟度果实中可溶性固形物含量的减少幅度明显高于低温贮藏条件,其中可溶性固形物含量差异最大的是八成熟果实,常温贮藏 4 d 后可溶性固形物含量减少幅度为 22.00%,低温贮藏 9 d 后减少幅度为 9.00% (表 2)。Shin 等^[13]认为,

表2 黑莓品种‘Boysen’不同成熟度的果实不同温度条件下贮藏后主要果实性状的变化幅度

Table 2 Change range of main fruit traits of blackberry (*Rubus* spp.) cultivar ‘Boysen’ fruit with different mature degrees under different temperatures after storage

果实成熟度 Fruit mature degree	贮藏 温度/℃ Storage temperature	贮藏 时间/d Storage time	变化幅度/% Change range					
			果实质量 Fruit weight	平均果径 Average fruit diameter	可溶性固形 物含量 Soluble solid content	可滴定酸含量 Titratable acid content	固酸比 Ratio of soluble solid to titratable acid	总花色苷含量 Total anthocyanin content
九成熟果实 Fruit of 90% maturity	25	3	-2.30	-0.60	-15.00	-33.85	29.55	48.45
八成熟果实 Fruit of 80% maturity	4	7	-0.79	-0.08	-10.00	-32.37	33.07	44.17
七成熟果实 Fruit of 70% maturity	25	4	-4.62	-0.76	-22.00	-41.45	33.22	137.14
	4	9	-0.48	-0.26	-9.00	-31.45	32.76	48.96
	25	5	-9.05	-2.64	-25.88	-49.95	48.09	240.14
	4	14	-2.61	-1.46	-20.00	-48.02	45.39	74.33

草莓中可溶性固形物含量在低温贮藏条件下变化很小,这一结论与本实验的结果基本一致。

常温贮藏条件下不同成熟度黑莓果实中可滴定酸含量的减少幅度也明显高于低温贮藏条件,其中差异最大的也是八成熟果实,常温贮藏4 d后可滴定酸含量减少幅度为41.45%,低温贮藏9 d后减少幅度为31.45%(表2)。张振铭等^[14]的研究结果显示,在水晶梨的贮藏过程中,可溶性固形物含量和可滴定酸含量在贮藏期间的变化一致,作者的测定结果也显示在黑莓果实的贮藏过程中也存在这样的现象。

常温贮藏条件下,不同成熟度果实的固酸比增加幅度明显高于低温贮藏条件,七成熟果实常温贮藏5 d后固酸比增加幅度为48.09%,低温贮藏14 d后增加幅度为45.39%;八成熟果实常温贮藏4 d后固酸比增加幅度为33.22%,低温贮藏9 d后增加幅度为32.76%;九成熟果实常温贮藏3 d后固酸比增加幅度为29.55%,低温贮藏7 d后增加幅度为33.07%(表2)。

果实成熟度越低,贮藏过程中总花色苷含量的变化幅度越大。七成熟果实常温贮藏5 d后总花色苷含量的增加幅度为240.14%,低温贮藏14 d的增加幅度为74.33%;八成熟果实常温贮藏4 d后总花色苷含量的增加幅度为137.14%,低温贮藏9 d后的增加幅度为48.96%;九成熟果实常温贮藏3 d后总花色苷含量的增加幅度为48.45%,低温贮藏7 d后的增加幅度为44.17%(表2)。由此可知,黑莓果实中总花色苷含量在低温贮藏条件下的增加幅度明显低于常温贮藏条件,此研究结果与Ayala-Zavala等^[9]和Cordenunsi等^[15]在草莓果实贮藏特性研究中所得出的结论一致。

在经过贮藏后的黑莓品种‘Boysen’果实的4个品质指标中,果实的可溶性固形物含量和可滴定酸含量均有所减少,固酸比和总花色苷含量均有所增加。4个指标的变化幅度不同,其中,总花色苷含量变化幅度最大,固酸比次之,可滴定酸含量变化幅度较固酸比小,可溶性固形物含量变化幅度最小,而且,相同条件下4个指标的变化幅度随成熟度的提高而降低。

3 讨论和结论

黑莓品种‘Boysen’果实的贮藏过程受果实成熟度和贮藏温度的影响很大,果实的成熟度越低,相同贮藏时期的霉烂指数也越低,并且贮藏期也越长;贮藏后果实的可溶性固形物含量和可滴定酸含量有所下降,固酸比和总花色苷含量有所上升,4个指标变化幅度由大到小依次为总花色苷含量、固酸比、可滴定酸含量、可溶性固形物含量;相同贮藏条件下,贮藏后果实的可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比和总花色苷含量的变化幅度随果实成熟度的提高而降低。在25℃贮藏条件下,果实的霉烂指数较高,贮藏时间较短,果实质量和平均果径减小幅度较大,可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比和总花色苷含量的变化幅度也较大;在4℃贮藏条件下,果实的霉烂指数较低,贮藏时间较长,果实质量和平均果径减小幅度较小,可溶性固形物含量、可滴定酸含量、固酸比和总花色苷含量的变化幅度也较小。因而,黑莓鲜果应尽量贮藏于4℃的低温条件下,以保持较好的果实品质,此结果与吴文龙等^[16]在黑莓品种‘Chester’果实贮藏性能研究中所得出的结论一致。

黑莓七成熟果实耐贮运,但果实质量只有九成熟

果实的60%,果实小,品质较低,即使经过贮藏过程中的后熟阶段也很难达到九成熟果实的品质,不适宜作为鲜果销售。九成熟果实的质量和平均果径大、产量高、香味浓郁、可溶性固形物含量高、风味纯正(具有较高的固酸比)、色泽鲜艳(总花色苷含量高),但采收后极易发生腐烂变质,不耐贮运,也不宜作为鲜果销售。八成熟果实的质量和平均果径较九成熟果实低,香味、色泽及各项品质指标也较九成熟果实低,但在贮藏过程中经过后熟阶段果实的品质可明显提高,在常温条件下贮藏4 d后总花色苷含量可以达到九成熟果实的水平,可滴定酸含量也与九成熟果实接近,在低温条件下贮藏9 d后总花色苷含量也与九成熟鲜果接近,且果实耐贮运,较适宜作为鲜果销售。Wang等^[17]的研究结果也显示,五成熟和八成熟的树莓(*Rubus idaeus* L.)果实硬度高,较耐贮运,贮藏后果实可溶性固形物、可滴定酸、糖和总花色苷的含量接近全熟果的水平。综合分析后认为,在实际生产中,为了开拓黑莓鲜果的销售市场、解决黑莓鲜果的运输问题,可以在黑莓果实八成熟时进行采收,并在4℃条件下贮藏和运输。

参考文献:

- [1] 吴文龙, 顾 嫻. 新经济植物黑莓的引种[J]. 植物资源与环境, 1994, 3(3): 45-48.
- [2] 吴文龙, 王小敏, 李维林, 等. 不同黑莓品种果汁色泽的分析与比较[J]. 食品研究与开发, 2007, 28(7): 112-115.
- [3] 吴文龙, 李维林, 闫连飞, 等. 不同品种黑莓鲜果营养成分的比较[J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(1): 58-61.
- [4] 唐双双, 郑永华, 汪开拓, 等. 茉莉酸甲酯处理对不同成熟度草莓果实采收后腐烂和品质的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 448-452.
- [5] GB/T 12456—90 食品中总酸的测定方法[S]. 1990.
- [6] Elisia I, Hu C, Popovich D G, et al. Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract[J]. Food Chemistry, 2007, 101(3): 1052-1058.
- [7] Sellappan S, Akoh C C, Krewer G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(8): 2432-2438.
- [8] Cordenunsi B R, Nascimento J R O, Lajolo F M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage[J]. Food Chemistry, 2003, 83(2): 167-173.
- [9] 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]. LWT-Food Science and Technology, 2004, 37(7): 687-695.
- [10] 罗云波, 蔡同一. 园艺产品贮藏加工学: 贮藏篇[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2001.
- [11] 赵慧芳, 王小敏, 崔恩惠, 等. 黑莓果实色素的稳定性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(2): 50-55.
- [12] Shin Y, Ryu J A, Liu R H, et al. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49(2): 201-209.
- [13] 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(3): 349-357.
- [14] 张振铭, 胡化广, 蔡 敏. 不同储藏温度对水晶梨果实品质的影响[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(18): 117-118.
- [15] Cordenunsi B R, Genovese M I, do Nascimento J R O, et al. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars[J]. Food Chemistry, 2005, 91(1): 113-121.
- [16] 吴文龙, 王小敏, 赵慧芳, 等. 黑莓品种‘Chester’鲜果贮藏性能的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(8): 280-284.
- [17] Wang S Y, Chen C T, Wang C Y. The influence of light and maturity on fruit quality and flavonoid content of red raspberries [J]. Food Chemistry, 2009, 112(3): 676-684.