

# 不同黑莓品种果实形态和硬度分析及其解剖结构和微形态特征观察

张春红, 汤飞云, 王小敏, 闫连飞, 吴文龙, 李维林<sup>①</sup>

[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:** 以3个黑莓(*Rubus* spp.)品种‘Arapaho’、‘Boysenberry’和‘Kiowa’的成熟果实为实验材料,对果实的形状指标以及硬度进行了测定,并采用石蜡切片技术和扫描电子显微镜分别对3个品种果实的解剖结构以及外果皮及果肉的微形态特征进行了观察;在此基础上,对果实结构与果实硬度的关系进行了探讨。结果表明:品种‘Arapaho’果实的硬度值( $0.79 \text{ lb} \cdot \text{mm}^{-2}$ )大于品种‘Boysenberry’和‘Kiowa’果实的硬度值( $0 \text{ lb} \cdot \text{mm}^{-2}$ );品种‘Arapaho’果实的纵径、横径和单果质量均极显著小于‘Boysenberry’和‘Kiowa’果实。石蜡切片观察结果显示:3个品种的外果皮均较薄且无角质层覆盖,由1~2层表皮细胞组成;其中,品种‘Arapaho’果实的表皮细胞1层、短小且排列紧密,品种‘Boysenberry’果实的表皮细胞2层、细长且排列疏松整齐,品种‘Kiowa’果实的表皮细胞2层、胞壁有褶皱且果面局部凹陷。品种‘Arapaho’的中果皮由大量较完整的薄壁细胞组成并包含没有解体的维管束,而品种‘Boysenberry’和‘Kiowa’的中果皮内均匀分布着解体的薄壁细胞。扫描电镜观察结果显示:品种‘Boysenberry’外果皮具浅波状纹饰、表皮细胞形状不规则,并具稀疏的表皮毛和片状分泌物;品种‘Kiowa’外果皮表面有明显的不规则波纹状纹饰;品种‘Arapaho’外果皮表面纹理紧凑致密、表皮细胞轮廓清晰且形状规则。3个品种的果肉细胞均呈现不同程度的解体现象,但品种‘Arapaho’的果肉细胞中分布有没有解体的胶状物质。根据观察结果推测:黑莓果实果皮和果肉的解剖结构以及微形态特征与其硬度有一定的关系。

**关键词:** 黑莓; 果实硬度; 果皮; 果肉; 解剖结构; 微形态特征

中图分类号: Q944.59; S663.2 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)03-0088-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.03.14

**Analyses on morphology and firmness and observations on anatomical structure and micro-morphological characteristics of fruit of different cultivars of blackberry (*Rubus* spp.)** ZHANG Chunhong, TANG Feiyun, WANG Xiaomin, LYU Lianfei, WU Wenlong, LI Weilin<sup>①</sup> (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(3): 88-94

**Abstract:** Taking mature fruits of three cultivars ‘Arapaho’, ‘Boysenberry’ and ‘Kiowa’ of blackberry (*Rubus* spp.) as the experimental materials, morphological indexes and firmness of fruits were determined, and anatomical structure and micro-morphological characteristics of epicarp and pulp were observed by paraffin section and SEM techniques. And on these bases, relationship between fruit firmness and fruit structure was also discussed. The results show that fruit firmness value of cultivar ‘Arapaho’ ( $0.79 \text{ lb} \cdot \text{mm}^{-2}$ ) is bigger than that of cultivars ‘Boysenberry’ and ‘Kiowa’ (both  $0 \text{ lb} \cdot \text{mm}^{-2}$ ). And fruit longitudinal and transverse diameters and weight per fruit of cultivar ‘Arapaho’ are extremely significant less than those of cultivars ‘Boysenberry’ and ‘Kiowa’. The observation result of paraffin section shows that epicarp of three cultivars is thinner and without cuticle covering, consists of 1-2 layers of epidermal cells. In which, epicarp of cultivar ‘Arapaho’ consists of one layer of short and small epidermal cells arranged densely, that of cultivar ‘Boysenberry’ consists of two layers of long and thin

收稿日期: 2012-11-23

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目(BK2011686); 2010年度江苏省“企业博士集聚计划”资金项目

作者简介: 张春红(1979—),女,山东菏泽人,博士,助理研究员,主要从事黑莓和滨梅分子遗传育种的研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: lwlcnb@mail.cnbg.net

epidermal cells arranged orderly and loosely, and that of cultivar 'Kiowa' consists of two layers of epidermal cells with fold cell wall and local cavity in fruit surface. Mesocarp of cultivar 'Arapaho' consists of a lot of relatively complete parenchyma cells and contains vascular bundles without disintegration, while, that of cultivars 'Boysenberry' and 'Kiowa' are uniformly distributed by disintegration parenchyma cells. The observation result of SEM show that epicarp of cultivar 'Boysenberry' possesses sinuate ornamentation, irregular epidermal cells, and sparse trichomes and lamellar exudates; that of cultivar 'Kiowa' possesses obviously irregular sinuosity ornamentation, while that of cultivar 'Arapaho' has compact and dense texture, and cell outline clear and shape regular of epidermal cells. Pulp cells of three cultivars disintegrates in different degrees, but there are large gelatinous substances without disintegrating in pulp cell of cultivar 'Arapaho'. According to these observation results, it is conjectured that there is a certain relationship between anatomical structure and micro-morphological characteristics of pericarp and pulp of blackberry fruit with its firmness.

**Key words:** blackberry (*Rubus* spp.); fruit firmness; pericarp; pulp; anatomical structure; micro-morphological characteristics

黑莓(*Rubus* spp.)为蔷薇科(Rosaceae)悬钩子属(*Rubus* Linn.)果树,原产于欧美,是近年来兴起的第三代小浆果类果树的重要成员之一<sup>[1]</sup>。黑莓果实富含纤维素、V<sub>E</sub>、矿物质和抗氧化物质等多种功能成分,对人类健康十分有益<sup>[2]</sup>。在自然条件下,成熟黑莓果实果皮薄且柔软多汁,采后极易受损,不耐贮藏<sup>[3-4]</sup>;多数黑莓果实在0℃条件下仅能存放2~3d<sup>[5]</sup>。将黑莓加工成速冻果是延长黑莓果实货架期的有效方法,但此方法不仅增加生产成本也导致黑莓果实品质下降。为保证市售黑莓鲜食果的营养品质,目前国外研究者对黑莓果实采后处理及包装方式进行了较多的研究<sup>[6-10]</sup>。

硬度是黑莓果实的重要品质指标,与其加工品质、机械采收、货架期和机械损伤程度均有关<sup>[11]</sup>。目前有关黑莓果实硬度影响因素的研究报道较少。黑莓果实为小核果聚合浆果,其中的小核果数目因品种而异,约50~100不等<sup>[12]</sup>;与多数核果一样,黑莓小核果外果皮极为柔软,中果皮则多汁肉质,内果皮为包在种子外面坚硬的壳。虽然果实组织结构的显微和超微观察已成为很多园艺作物果实的基础研究内容之一<sup>[13]</sup>,但对黑莓果实形态及显微和超微结构特征的观察及其结构与果实硬度间相关性的研究尚未见报道。

黑莓品种'Arapaho'、'Boysenberry'和'Kiowa'是生产上表现优异的品种<sup>[14]</sup>,其中,品种'Arapaho'的突出特点是株型直立且早熟,品种'Boysenberry'的特点是果实香味浓郁且口感好,而品种'Kiowa'的果实较大。作者以这3个优异黑莓品种为研究对象,对成熟果实的形态特征进行比较,并利用石蜡切片和扫描

电镜观察方法对其果皮和果肉的解剖结构和微形态特征进行比较观察,进而分析果实形态及解剖结构与其硬度的关系,以期在黑莓果实硬度和耐贮性的改良提供基础研究资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试3个黑莓品种'Arapaho'、'Boysenberry'和'Kiowa'种植于江苏省·中国科学院植物研究所试验苗圃。在黑莓花蕾绽放时进行标记,待'Arapaho'和'Kiowa'小核果完全转黑色及'Boysenberry'小核果完全转紫红色时采集果实备用。每个品种标记5株样株,每一样株采集10个果实;果实取样设3次重复,选择纵、横径相似且色泽一致的果实若干枚进行结构观察及硬度测定。

### 1.2 方法

1.2.1 果实主要形态特征观察及硬度测定 取各品种新鲜饱满、外观和成熟度一致的果实,立即用FT-02型水果硬度计(意大利Fruit Test<sup>TM</sup>公司)测定硬度,以单位面积上的受力情况( $\text{lb} \cdot \text{mm}^{-2}$ )表示硬度大小;用精度为0.01mm的数显游标卡尺测量纵径和横径;用感量为10mg的电子天平(瑞士Mettler-Toledo公司)称量聚合核果单果质量。每个品种测量10个果实,结果取平均值。

1.2.2 果皮及果肉的解剖结构观察 取各品种的新鲜成熟果实,用解剖刀将小核果剥离,沿果蒂方向将小核果切开并避开内果皮以内部分,切取半圆形带皮果肉,快速置于FAA固定液(100mL固定液中包含甲

醛 5 mL、冰乙酸 5 mL 和体积分数 70% 乙醇 90 mL) 中固定;经乙醇系列梯度脱水后用石蜡包埋,旋转切片机切片,切片厚度 9  $\mu\text{m}$ ,番红-固绿(质量体积分数 1.0% 番红和质量体积分数 0.5% 固绿)对染,中性胶封片;置于 Olympus 光学显微镜下观察果实的纵切面和横切面解剖结构,并拍照。每个品种果实的横切面和纵切面各做 3 张切片,每张切片观察 20 个视野。

**1.2.3 果皮及果肉的扫描电镜观察** 取各品种新鲜成熟果实,用 0.2 mol  $\cdot$  L<sup>-1</sup> 磷酸盐缓冲液(pH 7.2)清洗表面 2 次。用解剖刀将小核果剥离,沿果蒂方向将小核果的半圆形带皮果肉切下,用体积分数 2.5% 戊二醛[用 0.2 mol  $\cdot$  L<sup>-1</sup> 磷酸缓冲液(pH 7.2)配制]固定后置于 4  $^{\circ}\text{C}$  冰箱内,然后分别用体积分数 30%、50%、70%、80%、90% 和 100% 乙醇梯度脱水,再用叔丁醇置换 30 min,冷冻干燥;将干燥后的样品黏在有双面胶的样品台上,离子溅射仪镀金处理后置于 S-3000N 型扫描电子显微镜(Hitachi Hight-Technologies Corporation)下观察果实横切面果肉结构和果皮的微形态特征,并拍照。

### 1.3 数据分析和处理

采用 Excel 2003 软件进行数据的统计与分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同黑莓品种果实的形态特征和硬度比较

在果实成熟期,黑莓品种‘Arapaho’和‘Kiowa’的果实为黑色,表面光滑;而品种‘Boysenberry’果实为深紫红色,表面分布有 1 层白色表皮毛。供试的 3 个黑莓品种成熟果实的纵径和横径、单果质量以及硬度的测定结果见表 1。由表 1 的测定结果可见:在 3 个品种中,品种‘Arapaho’果实的纵径和横径以及单果质量最小,品种‘Boysenberry’果实的这 3 项指标居

中,品种‘Kiowa’果实的这 3 项指标均最大,且 3 个品种间的差异极显著。从果实硬度看,品种‘Arapaho’果实的硬度为 0.79 lb  $\cdot$  mm<sup>-2</sup>,而品种‘Kiowa’和‘Boysenberry’果实硬度均为 0 lb  $\cdot$  mm<sup>-2</sup>,前者的果实硬度与后二者间有极显著差异。但这 3 个品种的果实硬度与其果实大小无明显关系。

### 2.2 不同黑莓品种果肉和果皮的解剖结构及微形态特征观察

**2.2.1 果实横切面和纵切面的解剖结构** 供试的 3 个黑莓品种成熟果实横切面和纵切面的解剖结构见图 1。从纵切面上看(图 1-1~3),3 个品种果实的外果皮均较薄,由 1~2 层表皮细胞组成,外表皮未见角质层覆盖;品种‘Arapaho’的外果皮由 1 层表皮细胞组成,细胞大小较为一致,长度较短且排列紧密(图 1-1);品种‘Boysenberry’和‘Kiowa’的外果皮均由 2 层表皮细胞组成,细胞较大且呈长条形;其中品种‘Boysenberry’的表皮细胞整体狭长且排列较为疏松和整齐(图 1-2),品种‘Kiowa’外果皮表皮细胞壁有波纹状褶皱,果面局部凹陷(图 1-3)。3 个品种成熟果实的中果皮(果肉)中均有部分薄壁细胞解体,细胞膨大现象明显,细胞排列疏松;品种‘Arapaho’的中果皮和外果皮接合处有数列薄壁细胞没有完全解体(图 1-1),其中果皮内部有大量相对较完整的薄壁细胞,其中也包含没有解体的维管束(图 1-4);品种‘Boysenberry’的果肉细胞崩解后中胶层溶解现象明显,细胞内含物减少且细胞空腔化明显(图 1-2),薄壁细胞几乎全部解体(图 1-5);在品种‘Kiowa’的中果皮内,解体薄壁细胞均匀分布,与外果皮有明显界限(图 1-3),其薄壁细胞的解体程度位于品种‘Arapaho’和‘Boysenberry’之间(图 1-6)。

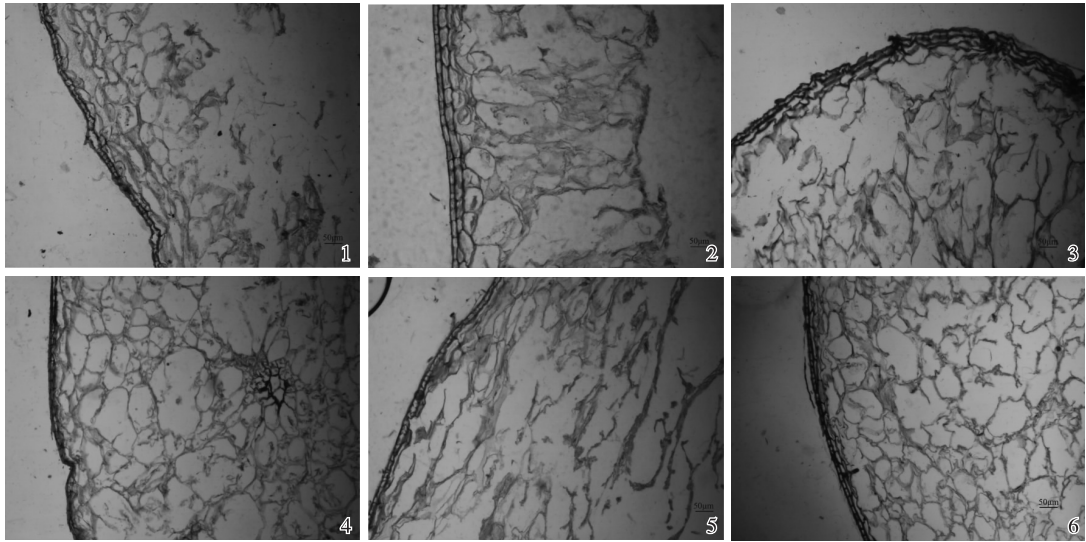
**2.2.2 外果皮微形态特征** 在扫描电镜下供试的 3 个黑莓品种成熟果实外果皮的微形态特征见图 2。由图 2 可见:品种‘Arapaho’的外果皮表面细胞非常紧实,果皮表面纹理紧凑致密,细胞较为规则且大小相对一致,细胞壁轮廓清晰且边界分明,果皮外表面除极少量分泌物外无其他附着物(图 2-1~3)。品种‘Boysenberry’的外果皮表面具有浅波状纹饰,表皮细胞形状不规则;其上分布有 1 层稀疏的表皮毛,呈狭长圆锥型,顶部渐尖,呈扭曲或螺旋状匍匐于果实表面,长短不一(图 2-4~6);此外在品种‘Boysenberry’的外果皮上还观察到许多分泌物,呈片状晶体,推测可能是表皮毛的分泌物(图 2-6)。品种‘Kiowa’的外

表 1 3 个黑莓品种成熟果实形态指标和硬度的测定结果<sup>1)</sup>  
Table 1 Determination result of morphological indexes and firmness of mature fruit of three cultivars of blackberry (*Rubus spp.*)<sup>1)</sup>

品种 Cultivar	纵径/mm Longitudinal diameter	横径/mm Transverse diameter	单果质量/g Weight per fruit	硬 度/lb $\cdot$ mm <sup>-2</sup> Firmness
Arapaho	20.66cC	17.19cC	3.74cC	0.79aA
Boysenberry	24.69bB	21.32bB	6.53bB	0.00bB
Kiowa	35.66aA	28.42aA	14.94aA	0.00bB

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母和大写字母分别表示差异显著 ( $P < 0.05$ ) 和极显著 ( $P < 0.01$ )。Different small letters and capitals in the same column indicate the significant difference ( $P < 0.05$ ) and the extremely significant difference ( $P < 0.01$ ), respectively.

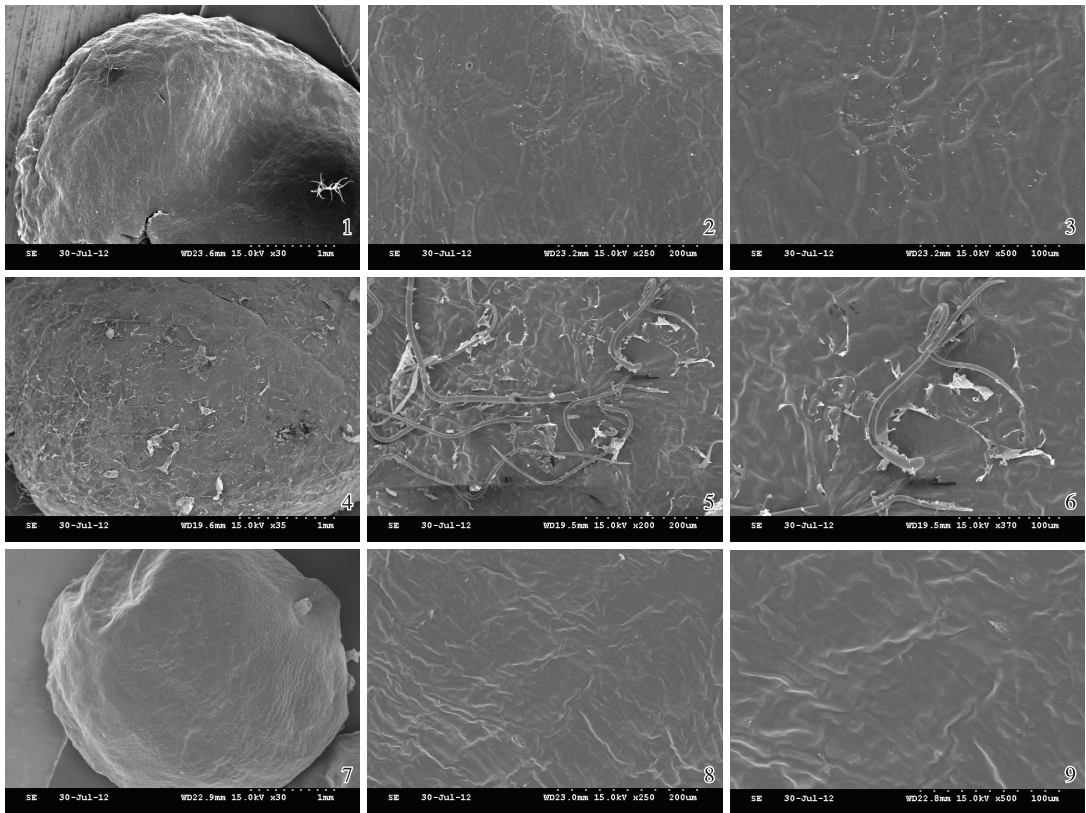




1-3. 3个品种果实纵切面的解剖结构 Anatomical structure of longitudinal section of fruit of three cultivars; 1. 'Arapaho'; 2. 'Boysenberry'; 3. 'Kiowa'. 4-6. 3个品种果实横切面的解剖结构 Anatomical structure of transverse section of fruit of three cultivars; 4. 'Arapaho'; 5. 'Boysenberry'; 6. 'Kiowa'.

图1 3个黑莓品种果实纵切面和横切面的解剖结构

Fig. 1 Anatomical structure of longitudinal and transverse sections of fruit of three cultivars of blackberry (*Rubus* spp.)



1-3. 品种'Arapaho'的外果皮 Epicarp of cultivar 'Arapaho'; 4-5. 品种'Boysenberry'的外果皮 Epicarp of cultivar 'Boysenberry'; 6. 示品种'Boysenberry'外果皮上的表皮毛及分泌物 Showing trichomes and exudates on epicarp of cultivar 'Boysenberry'; 7-9. 品种'Kiowa'的外果皮 Epicarp of cultivar 'Kiowa'.

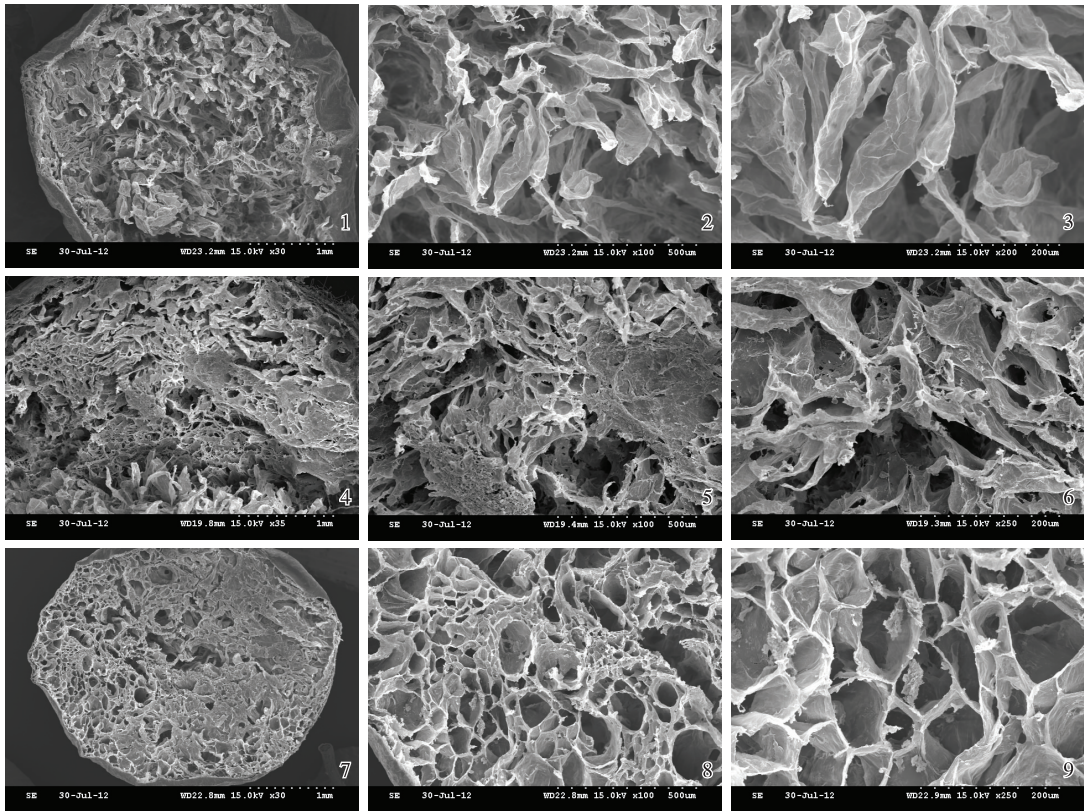
图2 扫描电镜下3个黑莓品种外果皮的微形态特征

Fig. 2 Micro-morphological characteristics of epicarp of three cultivars of blackberry (*Rubus* spp.) under scanning electron microscope

果皮表面有明显的波状纹饰,表皮细胞轮廓不清晰且形状不规则,排列不整齐(图2-7~9)。

2.2.3 果肉横切面的微形态特征 在扫描电镜下供试的3个黑莓品种成熟果实果肉横切面的微形态特征见图3。通常情况下,多汁型果实成熟后果肉细胞比较大,且细胞中大部分被液泡占据,细胞壁明显变薄,但3个黑莓品种果肉横切面的微形态特征存在很

大差异。品种‘Boysenberry’和‘Kiowa’的果肉细胞呈衰老迹象,但细胞质膜完整,尤其是品种‘Kiowa’的果肉薄壁细胞轮廓较为完整、胞壁边缘整齐、界限分明(图3-7~9);黑莓品种‘Boysenberry’果肉薄壁细胞解体最明显(图3-4~6)。而在黑莓品种‘Arapaho’的果肉中还分布有大量没有解体的果胶状物质(图3-1~3)。



1-3. 品种‘Arapaho’果肉横切面的微形态 Micro-morphology of pulp transection of cultivar ‘Arapaho’; 4-6. 品种‘Boysenberry’果肉横切面的微形态 Micro-morphology of pulp transection of cultivar ‘Boysenberry’; 7-9. 品种‘Kiowa’果肉横切面的微形态 Micro-morphology of pulp transection of cultivar ‘Kiowa’.

图3 扫描电镜下3个黑莓品种果肉横切面的微形态特征

Fig. 3 Micro-morphological characteristics of pulp transection of three cultivars of blackberry (*Rubus* spp.) under scanning electron microscopy

### 3 讨 论

黑莓果实成熟一般在每年的7月份至8月份,正值夏季高温高湿的天气,采后极易褐变和腐烂,其经济价值明显降低。Robbins等<sup>[15]</sup>的研究结果显示:复盆子(*Rubus idaeus* Linn.)的果实成熟时极软,与其旺盛的呼吸作用密切相关,导致采后贮存过程中果实失

重和腐烂现象明显。Perkins-Veazie等<sup>[16]</sup>的结果表明:不同成熟度的果实采后表现明显不同;50%小核果变黑时采收,果实硬度最大但酸度也较高;100%小核果变为亮黑色时采收,果实有一定硬度且较为适合市售;而小核果变为100%暗黑色时采收,果实已较软且有大量内容物外渗,乙烯释放量也达到最高点。汤飞云等<sup>[17]</sup>对3个黑莓品种小核果果实的硬度变化规律进行了比较,结果显示:品种‘Boysenberry’和



‘Kiowa’绿果期(前期)均较长,二者都在转熟的初始期之后硬度开始急速下降直至为 $0 \text{ lb} \cdot \text{mm}^{-2}$ ,与此相反,品种‘Arapaho’果实的绿果期较短,果实成熟需时较长,100%果实转为成熟黑色时硬度明显下降。作者的研究结果显示:供试的3个黑莓品种果实100%小核果变为亮红色和亮黑色时,品种‘Arapaho’果实的硬度较高( $0.79 \text{ lb} \cdot \text{mm}^{-2}$ ),而品种‘Boysenberry’和‘Kiowa’果实极软且硬度值均为 $0 \text{ lb} \cdot \text{mm}^{-2}$ ,表明3个黑莓品种的果实成熟时其硬度和质地有明显差异;品种‘Arapaho’是1个硬果型品种。由于品种‘Boysenberry’和‘Kiowa’的聚合浆果及单个小核果的体积和质量均大于品种‘Arapaho’,因此推测黑莓成熟果实的硬度与其果实成熟规律及内在生理生化变化过程有着一定内在联系,果实成熟时的硬度因品种而异。

饶景萍等<sup>[18]</sup>认为:伴随果实的成熟,细胞壁组成物大量降解导致果肉薄壁细胞细胞壁内部结构破坏,从而引起果肉细胞间隙增大,这是果实质地软化的最初原因。还有研究者认为:果实的形态结构与其耐贮藏性有密切关系,角质层厚、果肉质紧密、有一定硬度和弹性的品种较耐贮藏<sup>[19-21]</sup>。邓继光等<sup>[20]</sup>的研究结果表明:果皮较厚、细胞层数多、排列紧密的苹果(*Malus pumila* Mill.)品种保护作用和耐挤压特性佳,且耐贮运;林河通<sup>[22]</sup>也认为:耐贮运的橄榄[*Canarium album* (Lour.) Raesch.]果实的主要形态特征也是果实角质层厚,表皮细胞排列紧密。本研究结果表明:果实硬度有差异的3个黑莓品种果皮表面没有角质层覆盖,果实硬度较大的品种‘Arapaho’的表皮由1层表皮细胞组成,但细胞短小且排列紧密,而果实硬度较小的品种‘Boysenberry’和‘Kiowa’的外果皮由2层表皮细胞组成,但表皮细胞较为狭长且排列疏松。林建成等<sup>[19]</sup>的研究结果表明:不耐贮藏的枇杷品种‘白梨’(*Eriobotrya japonica* ‘Baili’)的主要特征是果皮及角质层薄,外表皮细胞形状不规则且局部隆起,果面密生茸毛。本研究中,品种‘Kiowa’果实的外表皮有不规则的波纹状纹饰,而品种‘Boysenberry’外果皮表面分布有大量表皮毛,这些特征也可能在一定程度上有利于病原微生物的潜伏和附着,间接或直接导致果实腐烂。另外,品种‘Arapaho’果肉细胞解体程度较其他2个品种更小,大量薄壁细胞没有降解,且仍有维管束组织可见,而其果实硬度在3个供试品种中也最大,表明不同黑莓

品种果实形态结构上差异可能与其果实硬度相关,也在一定程度决定了其果实的耐贮运性。

综合分析结果表明:在供试的3个黑莓品种中,果实硬度较大的品种‘Arapaho’与果实硬度较小的品种‘Boysenberry’和‘Kiowa’的果皮特征和果肉结构均存在一定的差异,与果实外果皮形态特征和果肉的解剖结构差异有关,但黑莓果实硬度变化的生理代谢机制以及相关的果实软化机制还有待进一步研究探讨。

**致谢:**在本研究过程中,果实石蜡切片的制作和观察得到了江苏省·中国科学院植物研究所宋春风博士的指导和帮助,果实扫描电镜观察得到了南京农业大学生命科学院史永红博士的指导和帮助,谨此致谢!

#### 参考文献:

- [1] 夏国京,郝萍,张力飞. 第三代果树野生浆果栽培与加工技术[M]. 北京:中国农业出版社,2002:9.
- [2] BEATTIE J, CROZIER A, DUTHIE G G. Potential health benefits of berries[J]. *Current Nutrition and Food Science*, 2005, 1: 71-86.
- [3] 赵慧芳,王小敏,吴文龙,等. 黑莓品种‘Boysen’鲜果贮藏特性的研究[J]. *植物资源与环境学报*, 2010, 19(3): 28-36.
- [4] 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(8): 280-284.
- [5] HARDENBURG R E, WATADA A E, WANG C Y. *Agriculture Handbook No. 66: The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*[M]. United States Department of agriculture: Agricultural Research Service, 1986.
- [6] BOWER C. Chapter 9: Postharvest handling, storage, and treatment of fresh market berries[M]//ZHAO Y Y. *Berry Fruit: Value-Added Products for Health Promotion*. New York: CRC Press. 2007: 261-288.
- [7] JOO M J, LEWANDOWSKI N, AURAS R, et al. Comparative shelf life study of blackberry fruit in bio-based and petroleum-based containers under retail storage conditions [J]. *Food Chemistry*, 2011, 126: 1734-1740.
- [8] ANTUNES L E C, DUARTE F J, SOUZA C M de. Postharvest conservation of blackberry fruits [J]. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2003, 38: 413-419.
- [9] PERKINS-VEAZIE P, COLLINS J K, CLARK J R. Shelf-life and quality of ‘Navaho’ and ‘Shawnee’ blackberry fruit stored under retail storage conditions [J]. *Journal of Food Quality*, 1999, 22: 535-544.
- [10] PERKINS-VEAZIE P, COLLINS J K. Quality of erect-type blackberry fruit after short intervals of controlled atmosphere storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2002, 25: 235-239.
- [11] CAHN H, DEFRANCESCO J, NELSON E, et al. Fruit quality evaluation of raspberries and blackberries at North Willamette

- Research and Extension Center [R] // Agricultural Experiment Station of Oregon State University: Special Report No. 892, 1992: 3-4.
- [12] 吴文龙, 闫连飞, 李维林, 等. 不同黑莓品种果实与种子性状的调查与分析[J]. 果树学报, 2008, 25(5): 677-681.
- [13] 张宏平, 张晋元, 吴国良. 北方园艺果实组织结构研究进展[J]. 山西林业科技, 2008(4): 28-30, 36.
- [14] 吴文龙, 李维林, 闫连飞, 等. 黑莓引种栽培与利用[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2010: 30-32.
- [15] ROBBINS J A, SJULIN T M, PATTERSON M. Postharvest storage characteristics and respiration rates in five cultivars of red raspberry [J]. Hortscience, 1989, 24: 980-982.
- [16] PERKINS-VEAZIE P, COLLINS J K, CLARK J R. Cultivar and maturity affect postharvest quality of fruit from erect blackberries [J]. Hortscience, 1996, 31: 258-261.
- [17] 汤飞云, 张春红, 胡淑英, 等. 不同品种黑莓果实发育过程中硬度变化规律的调查与分析[J]. 江西农业学报, 2012, 24(10): 9-11.
- [18] 饶景萍, 任小林. 果实成熟过程中组织超微结构的变化[J]. 西北植物学报, 1997, 17(1): 128-134.
- [19] 林建城, 林河通, 郭振国, 等. 枇杷不同品种果实形态结构的比较及其与耐贮藏性的关系[J]. 热带作物学报, 2009, 30(1): 53-58.
- [20] 邓继光, 刘国成, 李进辉, 等. 苹果品种果实组织结构研究[J]. 果树科学, 1995, 12(2): 71-74.
- [21] 周山涛. 果蔬贮运学[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 30-35.
- [22] 林河通. 橄榄不同品种果实形态结构的比较观察及其与耐贮藏性的关系[J]. 福建农业大学学报, 1997, 26(2): 241-246.

(责任编辑: 张明霞)

## 《生物质化学工程》2014年征订启事

《生物质化学工程》(双月刊)是由国家林业局主管、中国林科院林产化学工业研究所主办、面向国内外公开发行的全国生物质化工行业的技术类期刊。为美国《化学文摘》(CA)、《乌利希国际期刊指南》、RCCSE 中国核心期刊(A)、2010年中国农业核心期刊、中国期刊全文数据库、中文科技期刊数据库、万方数据——数字化期刊群、CEPS 中文电子期刊服务和《中国学术期刊综合评价数据库》的收录期刊,也为《CAJ-CD规范》执行优秀期刊。

报道范围:可再生的木质和非木质生物质资源的化学加工与利用,包括生物质能源、生物质化学品、生物质新材料、生物质天然活性成分和制浆造纸等;主要报道内容为松脂化学、生物质能源化学、生物质炭材料、生物基功能高分子材料、胶黏剂化学、森林植物资源提取物化学利用、环境保护工程、木材制浆造纸为主的林纸一体化和林产化学工程设备研究设计

等方面的最新研究成果。主要栏目为研究报告、综述评论、行业热点和国内外信息等。读者对象为:在生物质化学工业、林产化学工业、林业、农业、森工、能源、轻工、化工、环保、医药、食品、土产、商检、外贸等行业从事科研、教学、生产、经营、设计等工作的相关人士。

双月刊, A4 开本, 56 页, 单月月底出版。邮局发行, 邮发代号 28-205; 国内每期定价人民币 10.00 元, 全年定价人民币 60.00 元; 国外发行代号 BM2743, 国外全年定价 60 美元。也可直接向编辑部订阅。编辑部地址: 江苏省南京市锁金五村 16 号 林化所内(邮编 210042); 电话: 025-85482492; 传真: 025-85482492; E-mail: bce@vip.163.com; 网址: http://www.bce.ac.cn。

欢迎投稿和订阅! 欢迎来电来函联系广告业务!