

# 荔枝果皮结构与果实贮藏性能关系的探讨

潘洵操 谢宝贵

(广西农业大学, 南宁 530005)

**摘要** 在荔枝准枝品种果实贮藏中进行单果失重率的测定, 并通过扫描电子显微镜对鲜果、褐变果、霉变果的果皮进行显微结构的观察, 发现荔枝果实外果皮细胞形态结构特殊, 向外突出成半球形并和栅状组织一样极易破损失水而加速果皮的褐变。褐变前、霉变前后果实失重率大。电镜下观察霉变果实表面布满着酵母和其它菌体, 真菌菌丝侵入果皮内生长繁殖, 破坏栅状组织等, 是导致果实迅速霉烂的原因之一。

**关键词** 荔枝; 果实; 果皮; 结构; 贮藏; 褐变; 霉变; 扫描电镜

## STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PEEL STRUCTURE AND STORAGE QUALITY OF LITCHI FRUITS

Pan Xuncao Xie Baogui

(Guangxi Agricultural University, Nanning 530005)

**Abstract** By measuring the weight-loss rate of single fruit during the storage of Litchi fruits and observing the microstructure of peels of fresh fruits, browned fruits and mildewed fruits of Litchi with the Scanning Electron Microscope, we found out that the morphological structure of the external peel of Litchi fruits is special. The cells protrude as hemisphere. They are easily damaged and the water in the cells is easily lost as palisad tissue which prompt the peel browning. The weight-loss rate of fruits increases before the peel browning, before and after the peel mildewing. Under the Scanning Electron Microscope, we discovered that the surface of mildewed fruits were covered with a lot of yeasts and other germs, and some fungi hyphae had invaded the peel for growing and reproducing which damaged the palisade tissue et al. This is thought to be one of the main reasons leading to the speed mildew of fruits.

**Key words** Litchi; fruits; peel; structure; storage; brown; mildew; scanning electron microscope

荔枝是我国南方著名特产, 它以果肉香甜可口, 营养丰富而被誉为果中珍品。历来在内销和外贸上都占有很重要的位置。然而采收后的荔枝果实在常温下极易变质霉烂<sup>[1]</sup>, 给果实的贮藏保

1996-04-09 收稿

第一作者简介: 潘洵操, 男, 1944 年出生, 高级工程师, 生物专业, 现从事电子显微 (电镜技术) 技术工作。

鲜带来极大的困难。本研究对采收后荔枝果实在常温下贮藏的单果进行失重率的测定,并利用扫描电子显微镜分别对新鲜和褐变、霉变的果实进行果皮显微结构的观察对比,用以分析其易褐变、腐烂的原因,为采收后荔枝果实的贮藏保鲜提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

供实验用的为广泛种植的淮枝品种<sup>[2]</sup>,于1994年6月28日上午8时在广西农业大学园艺站果园采果。采回后,选择无病害的果实分3组进行室温贮藏实验。

### 1.2 扫描电镜样品的制备

#### 1.2.1 新鲜果实样品的制备

果实采回后,取无病害的果实,用自来水冲洗果表的尘埃等异物。用锋利刀片切取2 mm × 3 mm左右的果皮和厚度为1.5 mm左右的果皮横切面数块。另切取约1.5 mm厚度的果蒂部位,用0.1 mol/L磷酸缓冲液配制的2.5%的戊二醛溶液作固定,按常规扫描电镜样品制备方法进行制样,最后用JEM-1200 EX/S电镜观察拍片。

#### 1.2.2 褐变、霉变果实样品的制备

选择大小相近的果实,分3组进行室温贮藏试验,并重复试验一次。第一组果实放置相互间隔2 cm。第二组分散置于用纸盒子装(未加盖)1 500 g果实的中间。贮藏环境为封闭式房间,室内湿度为80%,温度30℃左右。这两组每天上午9时和晚上9时进行称重和观察其褐变、霉变情况并作记录。第三组为备用果,在与第二组相同的贮藏环境条件下,待其褐变、霉变后,按常规制样方法取褐变、霉变果实的果皮制成扫描电镜样品。

## 2 观察结果与分析

### 2.1 果实失重率和褐变、霉变情况

#### 2.1.1 单果分散贮藏情况

据观察,果实褐变速度有一定的差异。12 h,发现全部果实都开始有5%~35%不等面积的褐变,24 h为10%~80%,36 h为30%~100%,至48 h则全部果实褐变面积达100%。252 h有22%的果实开始发生霉变,长出白色的霉点,至288 h有46%果实长出霉点。果实每间隔12 h

表1 荔枝(淮枝)果实采后室内常温单果贮藏平均失重率统计表 (%)

时 间	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	108 h	120 h	132 h	144 h
平均失重率	5.076 2	4.069 2	2.854 5	1.399 4	1.185 5	0.888 7	1.113 4	0.774 8	1.106 5	0.956 4	1.160 1	1.004 9
时 间	156 h	168 h	180 h	192 h	204 h	216 h	228 h	240 h	252 h	264 h	276 h	288 h
平均失重率	1.297 8	1.199 4	1.572 3	1.274 7	1.766 1	1.300 2	1.992 3	1.778 8	1.877 6	2.092 1	2.065 8	2.079 4

注:表内数据为每间隔12 h测重的平均失重率,每日分别于上午9时和晚上9时测重,首次测重为上午九时。用电子分析天平测重,精确度为万分之一克。

的平均失重率详见表1。从表中看出,单果间隔放置48 h以前失重率大,特别是开始24 h失重率最大。这表明果实褐变与果皮失水有很大的关系<sup>[3,4]</sup>。从测重的数据还可看出,果实褐变后至霉变前的一段时间里,失重率相对地稳定,霉变前后失重率又增大。同时还发现,单果之间失重率也是有差异的,有的差异达33%,这种差异一方面可能是由于果实的生理差异,另一方面可能由于外

果皮的完好程度的差异所造成。在实验中还发现,象这样单果贮藏的果实在尚未霉变前,果肉仍可食用,果皮的褐变对果肉的品质影响还不太大。

### 2. 1. 2 果实群体贮藏情况

在群体中贮藏的单果,其失重率、褐变和霉变情况如下:果实的褐变在 60 h 时有 10%, 108 h 时 100% 的果实全部程度不等的发生褐变,至 144 h 时 100% 褐变。108 h 发现有 12% 的果实霉变, 132 h 有 46% 的果实霉变,至 156 h 则全部都发生霉变,到 168 h 果实全部霉烂。从试验结果看出, 84 h 前果实的失重率并不大,在这期间果实褐变极少,基本上果皮仍保持鲜红状态。84 h 后失重率增大,褐变速度也随之加快,这也表明果皮失水是褐变的一个重要因素。从统计数据中还可看出,果实接近霉变前和后失重率增大。霉变越严重,失重率越大。造成这一结果的原因是微生物的侵袭,使果实的组织结构遭到破坏,破坏越严重,失水量越大,失重率也就大。

### 2. 1. 3 昼夜失重率的差异

从表中可看出,果实完全褐变后至霉变前的一段时间里,果实的失重率相对地稳定。在这期间,白天和黑夜果实的失重率有一定的差异,白天比黑夜失重率偏高。这一原因除由于白天与黑夜温差(本实验用房为封闭式房间,且白天温度高时有空调控温,因而白天和黑夜温差不大)外,是否与有光无光作用有关?如果说在全黑条件下失重率低,也就是代谢作用小,那么果实在全黑条件下贮藏能否延长寿命?这有待今后的探讨。

### 2. 1. 4 湿度与褐变、霉变的关系

从单果贮藏和群体贮藏的实验结果看出,在常温下,单果贮藏的果实有一定的间距,周围空间湿度不大,有利于水分的蒸腾,果实失水快,果皮很快由鲜红色变为褐色,这表明果皮失水引起组织结构的破坏,枯萎可能是导致果皮褐变的一个重要因素。同时由于湿度不大,不利于微生物生长繁殖,霉变也就慢。相反,群体贮藏的单果是置于群体的中间,果实间隙小,小空间湿度大,不利于果实水分的蒸腾,果皮保持鲜红的时间相对比单果贮藏长得多,因而褐变慢。同时湿度大,有利于微生物的生长繁殖,因而褐变后很快就产生霉变。

## 2. 2 果皮的结构与失水关系

荔枝的果皮表面,据肉眼观察较为粗糙,有龟裂片<sup>[5]</sup>,龟裂片上有大小不等的峰突,在靠近果蒂部位峰突较高,密度较大。在扫描电镜下观察其果皮横切面(图版 I:1)可分为外果皮、栅状组织、海绵组织和内果皮<sup>[6]</sup>。

### 2. 2. 1 外果皮的结构

据扫描电镜观察,外果皮表面由表皮细胞和形态、大小各异的皮孔组成。就一般而言,外果皮细胞是果实的保护组织,其细胞的外壁常具有较厚的角质层用于防止体内水分的散失。荔枝果实的外果皮仅由一层表皮细胞组成,据观察,刚成熟的鲜果,这一层细胞就有完好的和破毁的两种情况存在:完好的是近似半球形突起物,突起的表面覆盖有深浅不同条纹的角质层(图版 I:2)。从横切面看,每一个表皮细胞以 1/3 长度向外突出呈半球形,以 2/3 长度与相邻细胞互相连接(图版 I:3)。破毁的是表面观凹下呈蜂窝状部分,是表皮细胞向外突出呈半球部分破毁脱落后剩下凹入果皮的下半部分细胞腔(图版 I:4)。这表明成熟的新鲜荔枝果实的外果皮细胞已有部分破毁而失去防止水分散失的保护能力。再从褐变的果实表皮显微结构看,这层表皮细胞已完全受到破坏显得零乱不堪,有的已与栅状组织脱离(图版 I:5)。表明这层组织的细胞壁很薄,在果实成熟过程中,或因水分过快充实产生较大的膨胀压力把外壁胀破,或因外壁向外呈半球形突出,稍有机械

械摩擦此部分即破毁而失去保护层的作用,使采后的果实很快失水。我们认为外果皮的结构特点是荔枝保鲜困难的重要原因之一。

### 2.2.2 栅状组织的结构

栅状组织位于外果皮内方,由长柱形的薄壁细胞整齐紧密排列,与外果皮呈垂直状,内方与海绵组织的薄壁细胞相连。细胞随不同部位(凸与凹)其长柱形长短不一(图版I:1)。细胞内含有大量的水分和花色素苷<sup>[6]</sup>,成熟的荔枝果实呈鲜红色是栅状组织含大量的花色素苷所致。反之,如果这层细胞失水、破毁,细胞内花色素苷溶液浓缩或干枯,果皮则失去鲜红色而成褐色。据观察,果实贮藏中褐变果皮的栅状组织已受到破坏而显得排列零乱,有的与海绵组织的薄壁细胞脱离(图版I:6),这些结构的变化是由于果皮大量迅速失水所致。外果皮的结构特点使栅状组织的失水破坏变得更为容易。

### 2.2.3 海绵组织的结构

海绵组织位于栅状组织和内果皮之间,其中有两种形态不同的细胞组成,与栅状组织相连接的那部分为数层薄壁细胞组成,靠内方与内果皮相连的由管状并有分枝呈网络状的薄壁细胞组成,其间贯穿有维管束(图版I:1,7)。从褐变果皮的海绵组织中看,两种薄壁细胞形态已呈近扁平层状(图版I:6)。这是由于失水严重,细胞瘪下,胞间隙大量减小而互相褶皱所致。由于海绵组织因失水瘪下亦褶皱成紧密的层状,减少了胞间隙,对食用部分的果肉起临时保护作用,这可能是单果贮藏的果实霉变较慢的原因之一。

### 2.2.4 内果皮的结构

内果皮是果皮最内的部分,由3~4层排列整齐的较小的薄壁细胞组成,在几层细胞中,以接近果肉的那层细胞最大(图版I:7)。但在褐变果皮中的内果皮显微结构已显不出排列层次和细胞原有的形态(图版I:6)。经超微结构观察,内果皮表面未见有何结构。果皮与果肉之间无输导组织连结<sup>[7]</sup>,果肉的水分只能通过亲水性的内果皮细胞壁渗透到果皮中,或病菌侵入后将果皮细胞壁破坏溶解后,果肉细胞的水分方能释放出来,否则果皮原有的水分蒸发完后,果肉水分不向果皮补充也就无失重率存在,也就无法制成干果品。

### 2.2.5 果蒂部的结构

据有关资料报道<sup>[7,8]</sup>,在整个果实中,果蒂部位的呼吸和蒸腾作用最强,也是最容易被病原微生物和虫害侵袭的部位。我们对这部分进行了扫描电镜观察,发现这一部位由维管束和星状石细胞<sup>[9]</sup>组成,维管束较多集中在果蒂的中部,其周围有分枝的石细胞,细胞胞间隙多而大,由密到疏向外扩展(图版I:8)。果蒂的维管束在果实采收前是给果实输送营养物质和水分。当果实采收后,输送功能停止。相反果实采收后这一结构在果实的贮藏中代谢作用最强,消耗的能量和水分最大。这与其输导组织多,细胞间隙有很大的关系。在我们实验备用果中,发现有3个果实从果蒂部不断排出虫粪,这是由于该部位细胞排列疏松,害虫容易钻进去,同时果汁也容易渗透出来,给病虫害提供了丰富的物质基础,因而该部位容易被病虫害入侵,是果实容易腐烂的部位。

## 3 微生物侵染情况

### 3.1 细菌性侵染

贮藏48h的备用果实中,少数果实在其果皮中出现大头针针头大小的渗出液,我们将透射电镜的铜网沾上渗出液进行电镜观察,发现有细菌体存在(图版I:9)。此类果实显然因果皮遭到破

坏(也许是昆虫叮咬),失去保护作用,细菌入侵,受感染的果汁外溢所致。象这样的果实收获时,开始不易被发现而与好果一起贮藏,流出感染细菌的液体传染了其它好果。

### 3.2 真菌性侵袭

在果实群体贮藏实验中,从出现小黑点至全部霉烂,霉变扩展速度非常迅速。经对霉变果实的果皮进行扫描电镜观察,发现果皮表面布满酵母菌、细菌(图版 I : 10)、真菌菌丝和孢子(图版 I : 11),还看到侵入果皮的菌丝(图版 I : 12)。果实的栅状组织被真菌侵袭破坏而看不到排列整齐的长柱形薄壁细胞,留下的只是溃烂的空洞和菌丝(图版 I : 13)。同时还观察到菌丝从果表深入果皮内(图版 I : 14)和穿透细胞生长(图版 I : 15),这些现象表明,荔枝果实的果皮特殊结构在贮藏中有利微生物的侵袭。由于多种菌体的侵入,吸取丰富营养物质的果汁进行生长繁殖,破坏果实的组织结构,致使贮藏的荔枝果实迅速变质腐烂。

荔枝果实采后易褐变、霉烂,除与其果实的特殊组织结构有密切的关系外,还与果实本身的生理生化有关,这些问题有待进一步的探讨。

## 参 考 文 献

- 1 陆元章,许雄安,潘维雄.荔枝常温贮藏的初步研究.中国果树,1984,(2):17
- 2 韦饶怡主编.名优水果高产栽培400问.南宁:广西科学技术出版社,1992,75
- 3 桂耀林主编.水果蔬菜贮藏保鲜技术.北京:科学出版社,1990,96~102
- 4 陈绵达.荔枝的采后生理和贮藏保鲜技术.中国果树,1985,(2):18~21
- 5 华南农学院主编.果树栽培学各论(上册).北京:农业出版社,1981,157
- 6 洪启征,谢知坚,陈文军.荔枝贮藏保鲜技术的研究.福建农学院学报,1986,15(2):19~22
- 7 冷怀琼,曹若彬,刘秀娟等.果品贮藏的病害防治及保鲜技术.成都:四川科学技术出版社,1991,291~295
- 8 [日]中川昌一.果树园艺原论.曾骥等译.北京:农业出版社,1982,357~400
- 9 [美]E. G 卡特.植物解剖学(下册).李正理译.北京:科学出版社,1976,287

## 图 版 I 说 明

1. 鲜果皮横切面:1为栅状组织 2为海绵组织 74×
2. 鲜果实表皮细胞 1858×
3. 鲜果实表皮细胞与栅状组织 →示表皮细胞 594×
4. 鲜果实表皮破毁的细胞 2230×
5. 褐变果实的表皮和栅状组织 →示表皮细胞破损 594×
6. 褐变果皮的横切面 →示栅状组织 2为海绵组织 223×
7. 鲜果皮海绵组织与内果皮横切面 →示内果皮 185×
8. 蒂部结构 446×
9. 果实渗出液的细菌体(JEM) 7434×
10. 霉变果实果表的微生物群 2973×
11. 霉变果实果表真菌 1487×
12. 真菌菌丝侵入果皮内 1487×

13. 受真菌侵袭破坏的表皮和栅状组织 → 示真菌菌丝 1 为栅状组织的位置 594×
14. 菌丝从果表侵入中果皮 594×
15. 菌丝穿过中果皮的薄壁细胞 1115×

Explanation of Plate I

1. the cross section of fresh peel (74×) 1— palisade tissue 2— spongy tissue
2. the epidermis cells of fresh peel (1858×)
3. the epidermis cells and palisade tissue of fresh fruit (594×) — showing epidermis cells
4. the epidermis damaged cells of fresh fruit (2230×)
5. the epidermis and palisade tissue of browned fruit (594×) — showing damaged epidermis cells
6. the cross section of browned peel (223×) 1— palisade tissue 2— spongy tissue
7. the cross section of the spongy tissue and endocarp of fresh peel (185×) — showing endocarp
8. the structure of fruit stalk top (446×)
9. the bacterium in seeping solution of fresh fruit (JEM) (743×)
10. the germs on surface of mildewed fruit (2973×)
11. the fungi on surface of mildewed fruit (1487×)
12. the fungi hyphae invaded into peel (1487×)
13. the epidermis and palisade tissue of damaged by invading fungi — showing fungus hyphae (594×) 1— the position of palisade tissue
14. the hyphae invaded into mesocarp from surface of fruit (594×)
15. the hyphae crossed the parenchyma cells of mesocarp (1115×)