

# 去皮鲜甘蔗的护色保鲜包装研究

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2017.05.004

杨福馨 程 龙 吴思雨  
姜 悦 徐 韬 隋 越

上海海洋大学  
食品学院  
上海 201306

**摘 要:**通过不同浓度的盐、糖、酸溶液和不同的包装材料对去皮甘蔗进行保鲜处理,常温下贮藏,观察不同处理方法对去皮甘蔗腐坏变红的影响,再根据单因素实验和正交试验来确定最佳保鲜方案。实验结果表明:当盐溶液的质量分数为0.4%,糖溶液的质量分数为0.3%,酸溶液的质量分数为0.1%,包装材料为PP/PE或PVDC/PE时,对去皮鲜甘蔗进行保鲜处理的效果相对最好。

**关键词:**去皮鲜甘蔗;护色;保鲜;PP/PE;PVDC/PE

**中图分类号:** TB487      **文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2017)05-0021-07

## 0 引言

甘蔗属的总称为甘蔗,广泛分布于热带、亚热带区域。生产甘蔗的国家有一百多个,产量最大的3个国家是巴西、印度和中国。中国最常食用的甘蔗为竹蔗<sup>[1]</sup>。甘蔗是制糖的主要原料之一,其播种面积占糖料播种面积的87%以上,产糖量占全国食糖总产量的90%以上<sup>[2]</sup>。甘蔗含有大量的水分和糖分,除此之外,还含有一些能够促进机体新陈代谢的物质,如各种维生素、脂肪、蛋白质、有机酸、钙、铁等<sup>[3]</sup>。甘蔗的水分多,味道清甜,营养丰富,被称作水果佳品,有人称:“秋日甘蔗赛过参”<sup>[4]</sup>。甘蔗的含铁量较高,居水果之首,所以人们又将甘蔗称之为“补血果”<sup>[5]</sup>。

随着生活节奏的加快,鲜切水果越来越受人们的青睐。鲜切甘蔗的组织因受到机械损伤,使甘蔗在贮藏期发生一系列生理生化反应,如切分表面木质化、

微生物的入侵和繁殖等,从而导致甘蔗变色、变味和霉烂。目前,国内对鲜切甘蔗的保鲜方法多采用添加保鲜剂。茅林春等人<sup>[6]</sup>提出将鲜切甘蔗用由壳聚糖、L-维生素C和氨基酸等组成的保鲜液进行处理,该方法能有效抑制蔗糖转化酶和多酚氧化酶的活性。石贵玉等人<sup>[7]</sup>提出利用壳聚糖涂膜对鲜切果蔗进行保鲜处理,并分析了该方法对贮藏期鲜切果蔗的生理生化指标的影响。

因塑料薄膜具有气调性、防雾性、抗震性等优点,而被广泛应用于水果保鲜中<sup>[8]</sup>。聚乙烯(polyethylene, PE)是乙烯经聚合制得的一种热塑性树脂<sup>[9]</sup>。PE无臭,无毒,手感似蜡,具有优良的耐低温性能(最低温度范围为-100~-70℃),化学稳定性好,能耐大多数酸碱的侵蚀(不耐具有氧化性质的酸),常温下不溶于一般溶剂,吸水性小,电绝缘性优良。因此,学者们对鲜切甘蔗在不同保鲜剂和包装方式下的保鲜效果进行了研究。沈勇根等人<sup>[10]</sup>分析了采用不同

**收稿日期:** 2017-08-09

**基金项目:** 国家863计划基金资助项目(2012AA0992301),上海市科学技术委员会工程中心建设基金资助项目(11DZ2280300),上海市助推计划基金资助项目(2013CL1312HY),上海市产学研基金资助项目(15cxy69),上海高校一流学科基金资助项目(A2-2019-14-0003)

**作者简介:** 杨福馨(1958-),男(侗族),贵州天柱人,上海海洋大学教授,主要从事包装工程理论与技术方面的教学与研究, E-mail: fxyang@shou.edu.cn

**通信作者:** 程 龙(1995-),男,安徽宿州人,上海海洋大学硕士生,主要研究方向为食品包装工程技术, E-mail: 1345618159@qq.com

的保鲜剂(乳酸链球菌素、山梨酸钾、蔗糖酯)和包装方式(PE保鲜袋包装和真空包装)对鲜切果蔗的保鲜效果,得出使用质量分数为0.5%的乳酸链球菌素和真空包装方式的保鲜效果最好。陈霞霞等人<sup>[11]</sup>分析了真空纳米抗菌包装、真空包装和PE保鲜袋包装3种方式对鲜切甘蔗的保鲜效果,得出使用真空纳米抗菌包装的保鲜效果最好,能有效减缓鲜切去皮甘蔗的品质劣变,延长保质期。

随着人民生活水平的提高,人们对包装的防护性能要求也越来越高。聚偏二氯乙烯(poly(vinylidene chloride), PVDC)是以偏二氯乙烯为主要成分的共聚物,具有耐燃、耐腐蚀、气密性好等特点,且由于极性很强,常温下不溶于一般溶剂,因而被广泛应用于食品、军品等包装中。目前,PVDC薄膜或涂膜在中国的应用已经进入高速增长期<sup>[12]</sup>。

综上所述,本课题组分析了去皮鲜甘蔗的护色保鲜包装方式。先配置4种不同浓度的盐溶液、糖溶液<sup>[13]</sup>、酸溶液<sup>[14-15]</sup>,观察其对去皮鲜甘蔗的保鲜效果,得到盐溶液、糖溶液、酸溶液的相对最佳浓度,再分析经3种溶液处理后,分别利用3种不同复合膜PP/PE(polypropylene/polyethylene)、PVDC/PE(poly(vinylidene chloride)/polyethylene)、15FPPE(实验室自命名)保鲜袋对去皮鲜甘蔗的保鲜效果,以期鲜切水果保鲜提供理论依据。

## 1 实验部分

### 1.1 原料与试剂

#### 1) 原料

紫皮甘蔗:购于海南三亚;

PP/PE膜、PVDC/PE膜、15FPPE膜:由实验室自制。

#### 2) 试剂

食盐:中盐上海市盐业公司生产;

白砂糖:上海市糖业烟酒有限公司生产;

白醋:上海鼎丰酿造食品有限公司生产。

### 1.2 仪器与设备

电子天平:20002型,杭州友恒称重设备有限公司生产;

环带式自动充气封口包装机:DZ47-63型,广州宝川包装机械有限公司;

通用色差计:JZ-300型,常州三丰仪器科技有限公司产品;

水果硬度计支架:GY-Z型,浙江托普仪器有限公司生产。

### 1.3 实验方法

去皮鲜甘蔗的保鲜实验具体流程如下:原料选择→甘蔗处理→晾干称重→包装封口→成品贮藏→样品观察。

挑选新鲜的甘蔗,洗净后去皮,切成30g左右的块状。测定PP/PE、PVDC/PE、15FPPE3种膜的厚度及各项参数,再将3种膜裁成规格为20cm×20cm的若干份,利用环带式自动充气封口包装机制作成三边封包装袋,封口宽度为5mm。按固液质量比1:5,将鲜切甘蔗分别浸泡于质量分数为0.1%、0.4%、0.7%、1.0%的盐溶液、糖溶液、酸溶液中10min;再将浸泡后的甘蔗晾干,称重,装袋封口;将样品置于室内,常温下贮藏;观察贮藏期甘蔗失重、色差、硬度等的变化。

### 1.4 检测方法

#### 1.4.1 失重的测定

每隔1d使用电子天平称取甘蔗的质量,并计算失重。

$$\Delta m = m_0 - m_1,$$

式中: $m_0$ 为贮藏前的甘蔗质量; $m_1$ 为贮藏后的甘蔗质量。

#### 1.4.2 色差的测定

表面颜色是评价果蔬品质的重要指标之一。表面颜色不仅会影响消费者的感官判断,颜色变化还能直接反映果实的成熟度、新鲜度以及内部品质的变化。因此,本课题组利用通用色差计测定样品色差。具体操作步骤如下:打开色差计电源,将色差计的测试口对准标准比色纸进行校准,再将色差计的测试口对准甘蔗样品,按下ENTER键,读取表示明亮度的L值、表示红绿色的a值、表示黄蓝色的b值,并得到色差值 $\Delta E$ 。每次测量样品色差时,色差计都要进行校准。 $L+$ 表示偏白, $L-$ 表示偏黑; $a+$ 表示偏红, $a-$ 表示偏绿; $b+$ 表示偏黄, $b-$ 表示偏蓝; $\Delta E$ 越小,色差越小。

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2},$$

$$\Delta L = L_m - L_n,$$

$$\Delta a = a_m - a_n,$$

$$\Delta b = b_m - b_n.$$

式中: $L_m$ 、 $a_m$ 、 $b_m$ 分别为样品的L、a、b值; $L_n$ 、 $a_n$ 、 $b_n$ 分别为标准的L、a、b值。

### 1.4.3 硬度的测定

用水果硬度计支架测定样品硬度。具体操作步骤如下: 打开水果硬度计支架电源, 将读数归零, 匀速摆动手把使硬度计匀速下降与甘蔗接触, 当读数稳定在某一范围内时, 读取样品硬度值。

### 1.5 复合膜的性能测定

塑料包装材料对薄膜的光学性能有较高要求<sup>[16]</sup>。PP/PE、PVDC/PE、15FPPE膜的性能测定结果见表1~2。

表1 各种薄膜的性能测定结果

Table 1 Results of performance parameters of various films

| 性能                                    | PP/PE |       | PVDC/PE |       | 15FPPE |       |
|---------------------------------------|-------|-------|---------|-------|--------|-------|
|                                       | 纵向    | 横向    | 纵向      | 横向    | 纵向     | 横向    |
| 厚度/ $\mu\text{m}$                     | 33    | 33    | 31      | 31    | 15     | 15    |
| 最大力/ $\text{N}$                       | 28.11 | 60.54 | 40.68   | 45.79 | 18.04  | 14.27 |
| 最小力/ $\text{N}$                       | 0     | 0     | 0       | 0     | 0      | 0     |
| 平均力/ $\text{N}$                       | 19.16 | 30.78 | 29.04   | 16.03 | 15.12  | 11.39 |
| 位移/ $\text{mm}$                       | 25.1  | 9.2   | 20.8    | 3.3   | 207.2  | 90.7  |
| 强度/ $(\text{kN}\cdot\text{m}^{-1})$   | 1.74  | 4.04  | 2.71    | 3.05  | 1.20   | 0.95  |
| 应变/ $\%$                              | 50.2  | 18.5  | 41.6    | 6.7   | 414.4  | 181.4 |
| 模量/ $(\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-2})$ | 6.64  | 19.64 | 12.53   | 28.79 | 0.59   | 0.96  |

表2 各种薄膜的透光率和雾度测定结果

Table 2 Results of transmittance and fog determination of various films %

| 薄膜      | 透光率       | 雾度        |
|---------|-----------|-----------|
| PP/PE   | 84.3~84.5 | 2.86~2.74 |
| PVDC/PE | 79.2~79.3 | 9.41~9.39 |
| 15FPPE  | 72.5~72.6 | 6.77~6.76 |

### 1.6 单因素实验和正交试验

先根据单因素实验得到盐溶液、糖溶液、酸溶液的相对最优浓度, 再按其浓度 $\pm 0.1\%$ , 配制试剂, 最后采用正交试验法, 每组做3次平行测量, 每隔1d对样品进行观察, 以记录每组样品腐坏变红的时间, 分析各因素对甘蔗腐坏变红的影响, 得到最佳的保鲜方案。正交表选用4因素3水平的 $L_9(3^4)$ , 其中4因素A、B、C、D分别对应盐溶液、糖溶液、酸溶液、包装材料。

## 2 实验结果和分析

### 2.1 单因素实验

甘蔗分别经不同浓度的盐溶液、糖溶液、酸溶液处理后, 第2天甘蔗的失重、色差、硬度、感官评定指标的数据见表3~5。其中, 对照组为未经过任何溶

液处理的鲜切甘蔗。

表3 盐溶液浸泡后第2天甘蔗各指标值

Table 3 The indexes of sugarcane soaked in saline solution on 2nd day

| 质量分数/ $\%$ | 失重/ $\text{g}$ | 色差/ $\text{NBS}$ | 硬度/ $\text{HB}$ | 感官评定       |
|------------|----------------|------------------|-----------------|------------|
| 0.1        | 0.28           | 5.26             | 18.90           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 0.4        | 0.24           | 3.90             | 19.40           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 0.7        | 0.22           | 6.33             | 17.80           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 1.0        | 0.17           | 6.43             | 19.60           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 对照组        | 0.03           | 9.50             | 25.10           | 色泽正常, 味道清甜 |

表4 糖溶液浸泡后第2天甘蔗各指标值

Table 4 The indexes of sugarcane soaked in sugar solution on 2nd day

| 质量分数/ $\%$ | 失重/ $\text{g}$ | 色差/ $\text{NBS}$ | 硬度/ $\text{HB}$ | 感官评定       |
|------------|----------------|------------------|-----------------|------------|
| 0.1        | 0.15           | 4.90             | 14.20           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 0.4        | 0.11           | 4.75             | 17.80           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 0.7        | 0.10           | 6.40             | 21.60           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 1.0        | 0.10           | 5.05             | 20.40           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 对照组        | 0.03           | 9.50             | 25.10           | 色泽正常, 味道清甜 |

表5 酸溶液浸泡后第2天甘蔗各指标值

Table 5 The indexes of sugarcane soaked in acid solution on 2nd day

| 质量分数/ $\%$ | 失重/ $\text{g}$ | 色差/ $\text{NBS}$ | 硬度/ $\text{HB}$ | 感官评定       |
|------------|----------------|------------------|-----------------|------------|
| 0.1        | 0.09           | 2.80             | 16.10           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 0.4        | 0.02           | 5.95             | 17.85           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 0.7        | 0.09           | 8.55             | 18.20           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 1.0        | 0.05           | 7.85             | 18.20           | 色泽正常, 味道清甜 |
| 对照组        | 0.03           | 9.50             | 25.10           | 色泽正常, 味道清甜 |

第4天甘蔗的各项指标数据见表6~8。

表6 盐溶液浸泡后第4天甘蔗各指标值

Table 6 The indexes of sugarcane soaked in saline solution on 4th day

| 质量分数/ $\%$ | 失重/ $\text{g}$ | 色差/ $\text{NBS}$ | 硬度/ $\text{HB}$ | 感官评定       |
|------------|----------------|------------------|-----------------|------------|
| 0.1        | 0.51           | 5.95             | 14.50           | 色泽、气味正常    |
| 0.4        | 0.57           | 4.60             | 17.90           | 色泽、气味正常    |
| 0.7        | 0.89           | 6.95             | 23.50           | 颜色变深, 味道发酸 |
| 1.0        | 1.13           | 7.49             | 21.40           | 颜色变深, 味道发酸 |
| 对照组        | 0.16           | 7.80             | 19.50           | 小部分变红      |

表7 糖溶液浸泡后第4天甘蔗各指标值

Table 7 The indexes of sugarcane soaked in sugar solution on 4th day

| 质量分数/ $\%$ | 失重/ $\text{g}$ | 色差/ $\text{NBS}$ | 硬度/ $\text{HB}$ | 感官评定       |
|------------|----------------|------------------|-----------------|------------|
| 0.1        | 0.23           | 6.30             | 18.70           | 颜色、气味正常    |
| 0.4        | 0.23           | 5.31             | 18.60           | 颜色、气味正常    |
| 0.7        | 0.33           | 7.54             | 19.90           | 颜色变深, 味道发酸 |
| 1.0        | 0.49           | 5.63             | 15.80           | 颜色变深, 味道发酸 |
| 对照组        | 0.16           | 7.80             | 19.50           | 小部分变红      |

**表 8 酸溶液浸泡后第 4 天甘蔗各指标值**

**Table 8 The indexes of sugarcane soaked in acid solution on 4th day**

| 质量分数 /% | 失重 /g | 色差 /NBS | 硬度 /HB | 感官评定       |
|---------|-------|---------|--------|------------|
| 0.1     | 0.14  | 3.30    | 17.20  | 颜色、气味正常    |
| 0.4     | 0.13  | 4.90    | 25.10  | 颜色、气味正常    |
| 0.7     | 0.33  | 10.20   | 17.90  | 有点发白, 味道发酸 |
| 1.0     | 0.21  | 7.60    | 19.90  | 有点发白, 味道发酸 |
| 对照组     | 0.16  | 7.80    | 19.50  | 小部分变红      |

第 6 天甘蔗各项指标数据见表 9~11。

**表 9 盐溶液浸泡后第 6 天甘蔗各指标值**

**Table 9 The indexes of sugarcane soaked in saline solution on 6th day**

| 质量分数 /% | 失重 /g | 色差 /NBS | 硬度 /HB | 感官评定       |
|---------|-------|---------|--------|------------|
| 0.1     | 0.33  | 10.85   | 17.80  | 出现红点, 有异味  |
| 0.4     | 0.59  | 6.67    | 15.35  | 颜色变深, 有异味  |
| 0.7     | 0.54  | 6.70    | 16.10  | 颜色变深, 有异味  |
| 1.0     | 0.51  | 5.70    | 14.65  | 颜色变深, 有异味  |
| 对照组     | 0.47  | 6.10    | 21.30  | 多处变红, 气味刺鼻 |

**表 10 糖溶液浸泡后第 6 天甘蔗各指标值**

**Table 10 The indexes of sugarcane soaked in sugar solution on 6th day**

| 质量分数 /% | 失重 /g | 色差 /NBS | 硬度 /NBS | 感官评定             |
|---------|-------|---------|---------|------------------|
| 0.1     | 0.61  | 4.93    | 15.80   | 出现红点, 有异味, 表面干燥  |
| 0.4     | 0.64  | 4.41    | 26.90   | 颜色变深, 气味刺鼻, 表面干燥 |
| 0.7     | 0.75  | 6.51    | 18.40   | 颜色变深, 气味刺鼻, 表面干燥 |
| 1.0     | 0.80  | 8.70    | 15.20   | 表面发白干燥, 气味刺鼻, 脱水 |
| 对照组     | 0.47  | 6.10    | 21.30   | 多处变红, 气味刺鼻       |

**表 11 酸溶液浸泡后第 6 天甘蔗各指标值**

**Table 11 The indexes of sugarcane soaked in acid solution on 6th day**

| 质量分数 /% | 失重 /g | 色差 /NBS | 硬度 /HB | 感官评定            |
|---------|-------|---------|--------|-----------------|
| 0.1     | 0.68  | 4.74    | 20.35  | 颜色变深, 有异味, 表面干燥 |
| 0.4     | 0.49  | 9.21    | 20.60  | 颜色变深, 有异味       |
| 0.7     | 0.81  | 8.85    | 19.50  | 表面发白干燥, 发酸刺鼻    |
| 1.0     | 0.55  | 7.72    | 19.85  | 表面发白干燥, 发酸刺鼻    |
| 对照组     | 0.47  | 6.10    | 21.3   | 多处变红, 气味刺鼻      |

第 8 天甘蔗各项指标数据见表 12~14。

由表 3~14 可知: 储藏时间越长, 甘蔗的腐坏变质程度也越明显; 第 2 天, 样品的各项指标没有太大变化; 第 4 天, 个别样品开始发酸, 而对照组有少部分变红; 第 6 天, 部分样品开始变红, 表面干燥, 味道刺鼻, 而对照组有多处变红, 且气味刺鼻;

第 8 天, 甘蔗腐坏变质明显, 部分样品有多处变红, 出现发霉、脱水、胀袋现象, 而对照组有多处变红, 出现长白色霉菌、胀袋现象。可见, 盐、糖、酸溶液浸泡鲜切甘蔗具有一定保鲜抑菌效果。

**表 12 盐溶液浸泡后第 8 天甘蔗各指标值**

**Table 12 The indexes of sugarcane soaked in saline solution on 8th day**

| 质量分数 /% | 失重 /g | 色差 /NBS | 硬度 /HB | 感官评定              |
|---------|-------|---------|--------|-------------------|
| 0.1     | 0.59  | 6.96    | 16.75  | 多处变红, 气味刺鼻发酸, 微胀袋 |
| 0.4     | 0.51  | 5.68    | 16.55  | 颜色变深, 气味刺鼻发酸, 微胀袋 |
| 0.7     | 0.85  | 9.27    | 16.70  | 颜色变深, 气味刺鼻发酸, 微胀袋 |
| 1.0     | 0.91  | 10.02   | 15.50  | 颜色变深, 气味刺鼻, 脱水胀袋  |
| 对照组     | 0.81  | 6.87    | 16.50  | 多处变红, 长白色霉菌, 胀袋   |

**表 13 糖溶液浸泡后第 8 天甘蔗各指标值**

**Table 13 The indexes of sugarcane soaked in sugar solution on 8th day**

| 质量分数 /% | 失重 /g | 色差 /NBS | 硬度 /HB | 感官评定                      |
|---------|-------|---------|--------|---------------------------|
| 0.1     | 0.91  | 6.52    | 19.65  | 变红, 长白色霉菌, 脱水, 微胀袋        |
| 0.4     | 1.01  | 5.73    | 27.90  | 小面积变红, 脱水, 微胀袋            |
| 0.7     | 1.07  | 6.46    | 25.80  | 变红, 表面干燥, 长白色霉菌, 脱水较多, 胀袋 |
| 1.0     | 1.07  | 6.38    | 16.50  | 变红, 表面干燥, 脱水, 长白色霉菌, 胀袋   |
| 对照组     | 0.81  | 6.87    | 16.50  | 多处变红, 长白色霉菌, 胀袋           |

**表 14 酸溶液浸泡后第 8 天甘蔗各指标值**

**Table 14 The indexes of sugarcane soaked in acid solution on 8th day**

| 质量分数 /% | 失重 /g | 色差 /NBS | 硬度 /HB | 感官评定                 |
|---------|-------|---------|--------|----------------------|
| 0.1     | 0.68  | 6.44    | 22.10  | 变红, 发霉脱水, 气味刺鼻, 微胀袋  |
| 0.4     | 0.83  | 7.49    | 26.60  | 变红, 气味刺鼻, 脱水, 微胀袋    |
| 0.7     | 1.06  | 8.16    | 36.80  | 变红, 长白色霉菌, 脱水严重, 微胀袋 |
| 1.0     | 0.90  | 7.30    | 34.60  | 变红, 长白色霉菌, 脱水, 微胀袋   |
| 对照组     | 0.81  | 6.87    | 16.50  | 多处变红, 长白色霉菌, 胀袋      |

用不同浓度的溶液处理后, 甘蔗色差曲线图如图 1~3 所示。由图 1~3 可知: 当盐溶液、糖溶液的质量分数为 0.4% 时, 去皮甘蔗的色差较小且比较稳定;

当酸溶液的质量分数为 0.1% 时, 去皮甘蔗的色差较小。综合上述实验结果, 本文选择质量分数为 0.4% 的盐溶液、质量分数为 0.4% 的糖溶液、质量分数为 0.1% 的酸溶液进行正交试验。

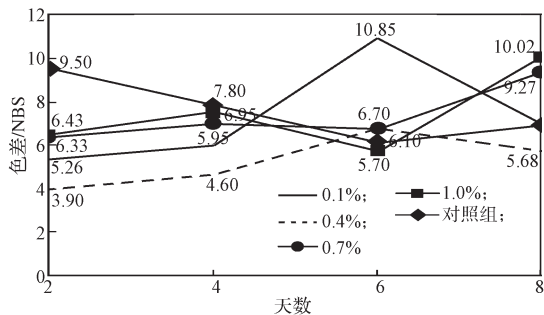


图 1 经不同浓度盐溶液处理后的甘蔗色差曲线图

Fig. 1 The color difference curve of sugarcane after treatment with different concentration of saline solution

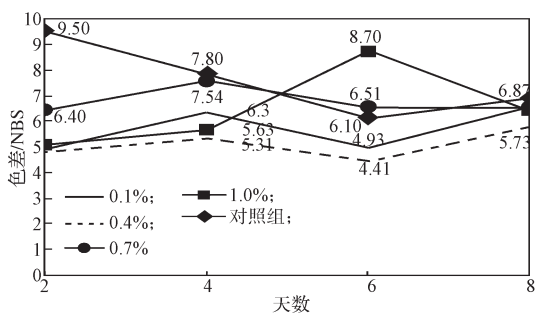


图 2 经不同浓度糖溶液处理后的甘蔗色差曲线图

Fig. 2 Sugarcane color difference curves after treatment with different concentration of sugar solution

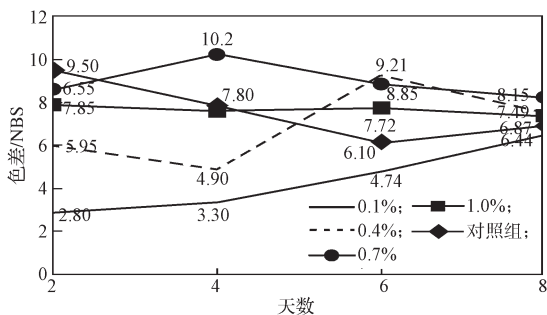


图 3 经不同浓度酸溶液处理后的甘蔗色差曲线图

Fig. 3 The color difference curve of sugarcane after treatment with different concentration of acid solution

## 2.2 正交试验

由单因素试验可得  $L_9(3^4)$  的因素和水平表, 如表 15 所示。

按照参考文献 [17] 中的  $L_9(3^4)$  正交表设计方法, 每组做 3 次平行试验,  $L_9(3^4)$  正交试验结果如表 16

所示。表中,  $K_{ij}$  ( $i=A, B, C, D, j=1, 2, 3$ ) 为第  $i$  因素第  $j$  水平的试验指标值之和,  $\bar{K}_{ij}$  为第  $i$  因素第  $j$  水平的试验指标均值,  $R_i$  为第  $i$  因素的极差值。  $R_i$  值越大, 则说明第  $i$  因素的水平变化对试验指标的影响越大, 即该因素越重要; 反之,  $R_i$  值越小, 则第  $i$  因素就越不重要。

表 15  $L_9(3^4)$  因素和水平表

Table 15  $L_9(3^4)$  factors and levels table

| 水平 | A/% | B/% | C/% | D       |
|----|-----|-----|-----|---------|
| 1  | 0.3 | 0.3 | 0   | PP/PE   |
| 2  | 0.4 | 0.4 | 0.1 | PVDC/PE |
| 3  | 0.5 | 0.5 | 0.2 | 15FPPE  |

表 16  $L_9(3^4)$  正交试验结果

Table 16  $L_9(3^4)$  orthogonal experimental results

| 实验序号           | A      | B     | C      | D     | 变红时间 /d |
|----------------|--------|-------|--------|-------|---------|
| 1              | 1      | 1     | 1      | 1     | 7       |
| 2              | 1      | 2     | 2      | 2     | 8       |
| 3              | 1      | 3     | 3      | 3     | 4       |
| 4              | 2      | 1     | 2      | 3     | 12      |
| 5              | 2      | 2     | 3      | 1     | 9       |
| 6              | 2      | 3     | 1      | 2     | 11      |
| 7              | 3      | 1     | 3      | 2     | 9       |
| 8              | 3      | 2     | 1      | 3     | 5       |
| 9              | 3      | 3     | 2      | 1     | 12      |
| $K_{i1}$       | 19     | 28    | 23     | 28    |         |
| $K_{i2}$       | 32     | 22    | 32     | 28    |         |
| $K_{i3}$       | 26     | 27    | 22     | 21    |         |
| $\bar{K}_{i1}$ | 6.333  | 9.333 | 7.667  | 9.333 |         |
| $\bar{K}_{i2}$ | 10.667 | 7.333 | 10.667 | 9.333 |         |
| $\bar{K}_{i3}$ | 8.667  | 9.000 | 7.333  | 7.000 |         |
| $R_i$          | 4.334  | 2.000 | 3.334  | 2.333 |         |

由表 16 可知, 4 因素的极差值由大到小为  $R_A > R_C > R_D > R_B$ , 即影响甘蔗腐坏变红各因素的主次关系依次为盐溶液的浓度 (A) > 酸溶液的浓度 (C) > 包装材料 (D) > 糖溶液的浓度 (B), 可得对鲜切甘蔗进行保鲜处理的最优方案是  $A_2B_1C_2D_1$  或  $A_2B_1C_2D_2$ , 即盐溶液的质量分数选 0.4%, 糖溶液的质量分数选 0.3%, 酸溶液的质量分数选 0.1%, 包装材料选 PP/PE 或 PVDC/PE。

## 3 结语

本文对去皮鲜甘蔗的护色保鲜包装进行了研究。先将去皮甘蔗经过不同浓度的盐、糖、酸溶液的浸泡, 再分别用 3 种不同的复合薄膜 PP/PE、PVDC/PE、

15FPPE 对去皮甘蔗进行包装, 分析储藏于常温下甘蔗腐坏变红的情况。通过正交试验, 得到相对最佳的保鲜方案为经质量分数为 0.4% 的盐溶液、质量分数为 0.3% 的糖溶液、质量分数为 0.1% 的酸溶液浸泡后, 再采用 PP/PE 或 PVDC/PE 包装袋进行包装。本文方法对鲜切去皮甘蔗的保鲜起到了一定的效果, 有效延长了去皮甘蔗的货架期。本课题组未来的研究方向为通过配置更多浓度梯度的浸泡液, 同时采用 2 种复合膜内外包装的形式对去皮甘蔗进行保鲜处理。

#### 参考文献:

- [1] 周明明. 不同栽培模式下甘蔗根际土壤微生物学特性分析 [D]. 福州: 福建农林大学, 2013.  
ZHOU Mingming. The Microbial Properties in Sugarcane Rhizospheric Soil Under Different Cultivation Modes[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013.
- [2] 区颖刚, 彭 钊, 杨丹彤, 等. 我国甘蔗生产机械化的现状和发展趋势 [C]// 纪念中国农业工程学会成立 30 周年暨中国农业工程学会 2009 年学术年会 (CSAE 2009). 太谷: 中国农业工程学会, 2009: 1-4.  
OU Yinggang, PENG Zhao, YANG Dantong, et al. The Present State and Development Trend of Mechanization for Sugarcane Production in China[C]// Commemorate the 30th Anniversary of the Establishment of China Agricultural Engineering Society and the Proceedings of the 2009 Annual Conference of China Agricultural Engineering Society(CSAE 2009). Taigu: China Society of Agricultural Engineering, 2009: 1-4.
- [3] 董 敏, 李 杰, 秦廷君. 甘蔗汁火锅底料的研制 [J]. 中国调味品, 2008(1): 52-53.  
DONG Min, LI Jie, QIN Tingjun. Development of the Hot Pot Materials of Sugarcane Juice[J]. Chinese Condiment, 2008(1): 52-53.
- [4] 李瑞美, 何炎森. 菜用甘蔗开发利用前景 [J]. 江西农业学报, 2009, 21(1): 26-27.  
LI Ruimei, HE Yansen. Recent Advance and Prospects of Exploitation and Application of Sugarcane as Vegetable[J]. Acta Agricultural Jiangxi, 2009, 21(1): 26-27.
- [5] 刘登飞. 甘蔗清糖浆糖蜜的近红外光谱分析 [D]. 广州: 暨南大学, 2010.  
LIU Dengfei. Near-Infrared Spectrum Analysis for Simple Syrup and Molasses of Sugarcane[D]. Guangzhou: Jinan University, 2010.
- [6] 茅林春, 刘卫晓. 甘蔗采后生理变化及其保鲜技术的研究 [J]. 中国农业科学, 2000, 33(5): 41-45.  
MAO Linchun, LIU Weixiao. Study on Postharvest Physiological Changes and Storage Techniques of Sugarcane[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2000, 33(5): 41-45.
- [7] 石贵玉, 陈明媚. 壳聚糖涂膜对甘蔗鲜切后某些生理的影响 [J]. 广西科学, 2008, 15(1): 67-69.  
SHI Guiyu, CHEN Mingmei. The Effect of Chitosan Coating on Sugarcanes After Fresh-Cut[J]. Guangxi Sciences, 2008, 15(1): 67-69.
- [8] 高海生, 赵希艳, 李润丰. 果蔬采后处理与贮藏保鲜技术研究进展 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 273-278.  
GAO Haisheng, ZHAO Xiyan, LI Runfeng. Review of Postharvest and Preservation Technologies of Fruit and Vegetable[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(2): 273-278.
- [9] 张志国. 塑料热成型技术问答 [M]. 北京: 印刷工业出版社, 2012: 23.  
ZHANG Zhiguo. Plastic Thermoforming Technology Q & A[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2012: 23.
- [10] 沈勇根, 上官新晨, 蒋 艳. 去皮甘蔗保鲜实验研究 [J]. 食品工业科技, 2003, 24(12): 79-80.  
SHEN Yonggen, SHANGGUAN Xinchun, JIANG Yan. Study on Postharvest Physiological Changes and Storage Techniques of Sugarcane[J]. Science and Technology of Food Industry, 2003, 24(12): 79-80.
- [11] 陈霞霞, 余雪芬, 叶仁凤, 等. 真空纳米抗菌包装对鲜切去皮甘蔗的保鲜效果研究 [J]. 食品工业技术, 2014, 35(2): 304-307.  
CHEN Xiaxia, YU Xuefen, YE Renfeng, et al. Effect of Nano Vacuum Packaging on the Preservation of Fresh-Cut Peeled Sugarcane[J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(2): 304-307.
- [12] 崔小明. 聚偏二氯乙烯树脂的生产应用及发展前景 [J]. 国外塑料, 2008, 26(10): 34-40.  
CUI Xiaoming. Production and Application Prospect of Poly(Vinylidene Chloride)Resin[J]. Foreign Plastics, 2008, 26(10): 34-40.
- [13] 张 燕, 杨福馨, 周 颖. 糖含量对海带浆包装体系稳定性的影响 [J]. 包装学报, 2014, 6(3): 31-34.  
ZHANG Yan, YANG Fuxin, ZHOU Ying. Influence of Different Concentration of Sugar on Stability of Kelp Paste Packaging System[J]. Packaging Journal, 2014, 6(3): 31-34.
- [14] 杨福馨, 张 燕, 周 颖. 酸含量对海带浆包装体系稳定性的影响 [J]. 包装学报, 2014, 6(1): 5-9.

- YANG Fuxin, ZHANG Yan, ZHOU Ying. The Influence of Acid Contents on Stability of Kelp Paste Packaging System[J]. Packaging Journal, 2014, 6(1): 5-9.
- [15] 蒋 硕, 杨福馨, 马雅婕. 鱿鱼保鲜包装技术研究 [J]. 包装学报, 2013, 5(4): 39-42.  
JIANG Shuo, YANG Fuxin, MA Yajie. Research of Squid's Film Packaging Preservation Technology[J]. Packaging Journal, 2013, 5(4): 39-42.
- [16] 魏丽娟, 杨福馨, 武 军, 等. PGFE/BOPP 防雾薄膜的制备与性能研究 [J]. 食品与机械, 2016, 32(6): 185-188.
- WEI Lijuan, YANG Fuxin, WU Jun, et al. Fabrication and Characterization of Polyglycerol Fatty Acid Ester/Biaxially Oriented Polypropylene Antifogging Film[J]. Food and Machinery, 2016, 32(6): 185-188.
- [17] 王钦德, 杨 坚. 食品试验设计与统计分析 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2010: 22-24.  
WANG Qinde, YANG Jian. Food Experimental Design and Statistical Analysis[M]. Beijing: China agricultural University Press, 2010: 22-24.

## Research on Color Preservation Packaging for Peeled Sugarcane

YANG Fuxin, CHENG Long, WU Siyu, JIANG Yue, XU Tao, SUI Yue

( College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China )

**Abstract:** Peeled sugarcane was treated with different concentrations of salt, sugar, acid solution and different packaging materials in experiments and stored at room temperature to observe the effects of different treatment methods on the decay of peeled sugarcane. The results showed that as per the single factor experiment and orthogonal test to determine the most appropriate combination, the optimal conditions for peeled sugarcane color preservation were with iodine salt solution concentration being 0.4%, the concentration of white sugar solution being 0.3%, acid solution concentration of 0.1 %, and PP / PE or PVDC / PE as the packaging materials.

**Keywords:** peeled sugarcane; color preservation; preservation; PP/PE; PVDC/PE