

# 预浸渍液 pH 值对阳山水蜜桃汁色泽的影响

## Effect of prepreg solution with different pH values on color changes of peach juice

陈海英<sup>1,2</sup>

吴凤凤<sup>3</sup>

崔政伟<sup>1,2</sup>

田耀旗<sup>3</sup>

宋飞虎<sup>1,2</sup>

CHEN Hai-ying<sup>1,2</sup> WU Feng-feng<sup>3</sup> CUI Zheng-wei<sup>1,2</sup> TIAN Yao-qi<sup>3</sup> SONG Fei-hu<sup>1,2</sup>

(1. 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学机械工程学院, 江苏 无锡 214122; 3. 江南大学食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122)

(1. Jiangsu Province Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology, Wuxi, Jiangsu 214122, China; 2. School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China; 3. The State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**摘要:**采用不同 pH 值预浸渍液对打浆前的水蜜桃进行预处理,以水蜜桃亮度( $\Delta L$ )、红度( $\Delta a$ )、黄度( $\Delta b$ )、总色差值( $\Delta E$ )、色泽饱和度( $\Delta C$ )等为色泽指标,考察预浸渍对水蜜桃汁色泽的影响。结果表明:pH 4.8 时,水蜜桃汁  $\Delta L$  值由参照样品的 -3.16 升高到 -1.23,  $\Delta a$  值由 1.21 下降到 -0.83,  $\Delta b$  值由 -1.4 升高到 0.05,  $\Delta E$  值由 3.67 下降到 1.49, 而  $\Delta C$  值基本保持稳定。证明经 pH 值 4.8 的预浸渍液处理水蜜桃 30 min, 可以有效遏制水蜜桃汁的褐变。

**关键词:**水蜜桃汁; pH; 预浸渍液; 色泽

**Abstract:** Effect of prepreg solution with different pH values (3.2, 3.6, 4.0, 4.4, 4.8) on the color changes of peach juice was studied. Several color parameters, including lightness ( $\Delta L$ ), redness ( $\Delta a$ ), yellowness ( $\Delta b$ ), total color difference ( $\Delta E$ ) and chroma ( $\Delta C$ ), were detected when the peach juice was kept in a sealed container at the ambient temperature for different time. Compared to the control samples, the color of peach juice changed slightly after impregnating in citric acid-sodium citrate buffer with pH 4.4 and 4.8 (especially pH 4.8) for 30 min. After impregnating in pH 4.8 buffer solution, the  $\Delta L$  value decreased from -3.16 to -1.23, the  $\Delta a$  value decreased from 1.21 to -0.83, the  $\Delta b$  value increased from -1.4 to 0.05, and the  $\Delta E$  value decreased from 3.67 to 1.49, while the  $\Delta C$  value almost kept stable. All these results demonstrated that impregnation peach before pulping into the citric acid-sodium

citrate buffer with pH 4.8 for 30 min could effectively contain the peach juice browning.

**Keywords:** peach juice; pH; prepreg solution; color

阳山水蜜桃皮薄汁多,口感细腻,味甜质软,享有较高的市场知名度。阳山水蜜桃产业已经发展成为江苏省最典型的高效特色农业产业<sup>[1]</sup>。但水蜜桃采收后受内源酶和微生物等因素影响而易发生褐变、腐烂,给贮藏、运输和销售造成很大困难<sup>[2]</sup>。

水蜜桃汁在加工、贮藏、运输过程中颜色容易褐变,严重影响其感官品质,降低其营养价值,影响消费者的购买欲<sup>[3]</sup>,因此,水蜜桃在加工阶段就需要严格控制褐变的发生。目前,如何快速有效地保护水蜜桃汁色泽的稳定性依旧是国际性难题<sup>[4]</sup>,关于水蜜桃汁色泽稳定性保护的相关研究鲜有报道。赵光远等<sup>[5]</sup>采用热协同高压技术对鲜榨桃汁进行处理,发现在添加护色剂 Vc 的前提下,采用 40~60 °C 协同 500 MPa 处理可以显著提高桃汁的 L 值。López-Nicolas 等<sup>[3]</sup>发现天然糊精( $\alpha$ -CD)和变性糊精(麦芽糖基- $\beta$ -CD)可以作为抗褐变剂来调控桃汁的色泽。对现有的报道分析不难发现,高压技术需要专业设备,会直接增加水蜜桃汁生产成本,而糊精的使用也会对水蜜桃汁品质产生不良影响。因此,本研究拟将采用食品加工中常用的柠檬酸和柠檬酸钠来对水蜜桃的色泽进行防护。

欲延缓水蜜桃汁色泽变化,应主要从抑制多酚氧化酶的酶活<sup>[6-7]</sup>、尽量避氧<sup>[8]</sup>、降低水蜜桃体系的 pH 三个方面着手。本研究拟采用不同 pH 值预浸渍液在水蜜桃打浆前对其进行浸渍处理,检测水蜜桃汁色泽参数的变化,旨在得到有效控制水蜜桃褐变的工艺参数,为进一步解决果汁加工中褐变问题提供理论依据和技术参考。

**基金项目:**国家自然科学基金(编号:31401493);中央高校基本科研业务费专项资金(编号:JUSRP51511);江南大学自主科研计划青年基金(编号:JUSRP11451);江苏省食品先进制造装备技术重点实验室开放课题资助项目(编号:FM-201401)

**作者简介:**陈海英(1984—),女,江南大学副教授,博士。  
E-mail: fly88honey@126.com

**通讯作者:**宋飞虎

**收稿日期:**2015-08-20

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料与仪器

#### 1.1.1 材料

水蜜桃:无锡阳山地区种植,在无锡市场上购买(无破损、色泽、大小、成熟度尽量一致)。

#### 1.1.2 试剂

柠檬酸、柠檬酸钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

#### 1.1.3 主要仪器和设备

湿法超细粉碎机:本研究中心自主研发;

便携式电脑色差仪:NR110型,深圳市三恩时科技有限公司;

电子天平:AR1140型,上海肯强仪器有限公司;

精密酸度计:PB-10型,上海精密仪器仪表有限公司;

电热鼓风干燥箱:CS101-2E型,深圳市众鑫达自动化仪表有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 预浸渍液的配制 基于本团队的前期研究,本研究中采用的预浸渍液为0.1 mol/L的柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液(pH为3.2,3.6,4.0,4.4,4.8)。首先分别配制出一定体积的0.1 mol/L柠檬酸溶液和0.1 mol/L柠檬酸钠溶液,再按照一定比例进行混合得到所需要的pH值,最后可通过稀酸或稀碱进行微调。配制好的缓冲溶液放置于广口瓶中,贴好标签备用。

1.2.2 水蜜桃打浆前预处理 取新鲜的水蜜桃,经洗净、去皮、去核并切块后放入电子天平上称重并记录,然后按照1:10(m:V)比例放入装有不同pH值的预浸渍液的烧杯内浸泡,用保鲜膜封住杯口,间隔3~5 min摇晃一次。浸泡不同时间(0~30 min)后用滤网过滤,取出桃肉纯净水冲洗2~3遍后,备用。

1.2.3 水蜜桃的打浆处理 将经预浸渍后的水蜜桃与纯净水按照1:1(m:V)比例加入到湿法超细粉碎机中进行打浆,收集水蜜桃汁于密闭容器里,在室温下静置存放不同时间(0~10 min)并测定其色泽的变化。以未经预浸渍的水蜜桃作为空白对照。

1.2.4 水蜜桃汁色泽测定 采用便携式NR110电脑色差仪测定存放不同时间水蜜桃汁的色泽。将样品倒到透明的玻璃皿后,用自制的遮光容器罩在皿上,只在遮光容器顶端预留色差仪检测窗口以保证色泽测定的准确性。每组记录3组色差值,最终结果取其平均值。

## 2 结果与讨论

为了检测不同pH值的预浸渍液对水蜜桃汁色泽的影响,以未经预浸渍的水蜜桃作为空白对照,本研究采用0.1 mol/L柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液在水蜜桃打浆前进行预浸渍。以水蜜桃汁在室温下静置不同时间的色泽变化值 $\Delta L$ 、 $\Delta a$ 、 $\Delta b$ 、 $\Delta E$ 以及色度变化值 $\Delta C$ 为指标,反映水蜜桃汁的褐变情况。

### 2.1 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁亮度 $\Delta L$ 的影响

水蜜桃在破碎打浆后色泽会在短短几分钟内发生严重

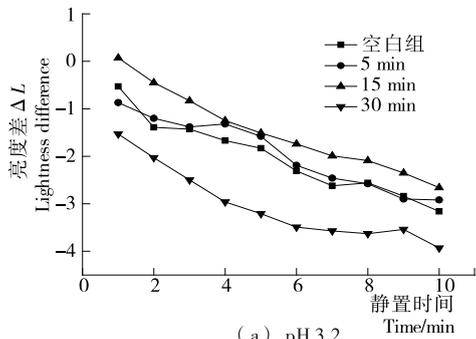
的褐变。由图1可知,未经任何处理的水蜜桃在打浆后2 min内 $\Delta L$ 值便从起始的-0.53下降到-1.39,随着时间延长到10 min, $\Delta L$ 值迅速下降到-3.16,水蜜桃汁色泽由起初的清亮逐渐混浊。与空白对照相比,不同pH值下的预浸渍液对水蜜桃汁色泽的影响与预浸渍液pH值和时间紧密相关。由图1(a)~(d)可知,预浸渍液pH值低于4.4时,即使延长浸渍时间到30 min,预浸渍处理也不能有效阻止水蜜桃汁混浊的加深。直到预浸渍液pH为4.4时,水蜜桃在预浸渍液中浸渍30 min后,水蜜桃汁的 $\Delta L$ 值下降趋势才有所缓解,达到-2.36(图1(d))。与pH4.4相比较,在pH4.8的预浸渍液中处理30 min后,水蜜桃汁的 $\Delta L$ 值下降到-1.23(图1(e))。总体而言,抑制水蜜桃汁亮度变化最有效的浸渍方法是在pH为4.8的缓冲液中浸渍30 min。水蜜桃在加工过程中,多酚物质是引起褐变的主要因素,褐变又是影响加工品感官品质和营养价值的主要因素之一。水蜜桃中酚类物质的酚羟基容易被氧化,尤其在碱性溶液中很不稳定。由于酚类活泼的化学性质很容易氧化为苯醌,苯醌又极易和亲核基发生反应形成褐色的物质<sup>[9]</sup>。前期关于苹果中多酚物质与果汁色泽的研究结果<sup>[10]</sup>表明,总酚含量与褐变度相关性最高,总酚含量高的褐变度也高。袁歆怡<sup>[11]</sup>研究表明,pH值对苹果多酚的总酚含量的影响显著,pH值在1.0和5.0左右时,苹果中总酚含量最低。因此,与苹果相似,本研究中选择pH4.8缓冲溶液预浸渍水蜜桃,以降低水蜜桃中总酚含量,遏制水蜜桃汁亮度下降。

### 2.2 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁红度 $\Delta a$ 的影响

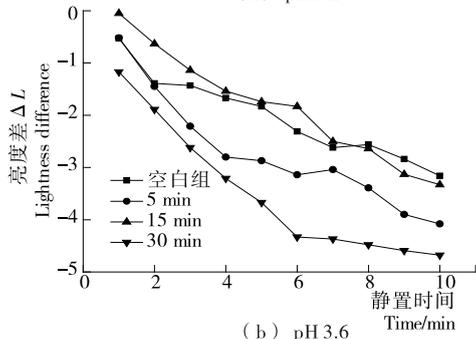
未经任何处理的水蜜桃打浆后 $\Delta a$ 值随着静置时间的延长而不断上升,直至静置5 min后 $\Delta a$ 值达到最高值1.32,继续延长静置时间, $\Delta a$ 趋于稳定,说明水蜜桃汁的色泽逐渐呈现出红色。不同pH值的预浸渍液处理都会改变水蜜桃汁红色深浅度,与pH值和浸渍时间紧密相关。总体而言,除了pH3.2外,随着浸渍时间延长到30 min时,水蜜桃汁的红度逐渐减弱,最后呈现出浅绿色( $\Delta a$ 在-1.0左右)(图2(a))。此外,水蜜桃在pH值为3.6~4.8的浸渍液只需浸渍5 min左右即可保持水蜜桃汁的红度稳定( $\Delta a \approx 0$ )。这可能是因为不同pH值预浸渍液还会引起水蜜桃体系的离子强度的变化。水蜜桃中含有丰富的钙、铁、铜等金属元素,当水蜜桃处于酸性环境时,就会引起金属离子的解离,尤其是铜离子。当水蜜桃中的多酚氧化酶中铜离子解离出去后,多酚氧化酶将逐渐失去酶活<sup>[12]</sup>,最终实现水蜜桃汁红度的稳定。

### 2.3 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁黄度 $\Delta b$ 的影响

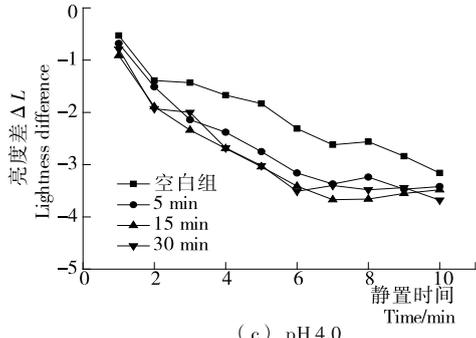
由图3可知,未经任何处理的水蜜桃打浆后 $\Delta b$ 值随着静置时间的延长由-0.26下降到-1.40,说明水蜜桃汁的色泽由起初的黄色逐渐转变为淡蓝色。与 $\Delta a$ 值变化相似,不同pH值预浸渍液处理水蜜桃后也会对水蜜桃的 $\Delta b$ 值产生显著的影响。较低pH值(pH $\leq$ 4.0)浸渍液长时间的浸渍(30 min)会加深水蜜桃汁黄色向蓝色转变的程度,不利于水蜜桃汁原始色泽的稳定。只有pH值为4.4或者4.8时,水蜜桃经30 min的预浸渍可以稳定水蜜桃汁的黄色( $\Delta b \approx 0$ )。



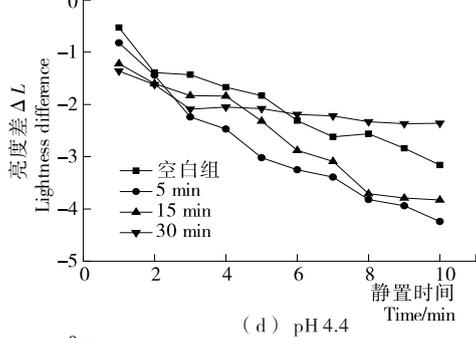
(a) pH 3.2



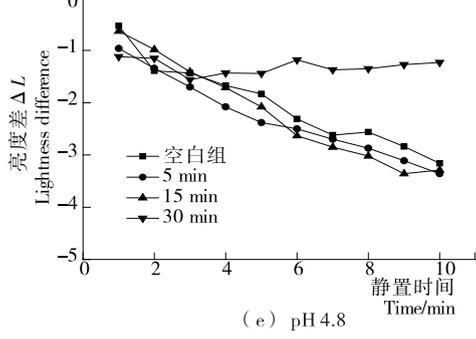
(b) pH 3.6



(c) pH 4.0



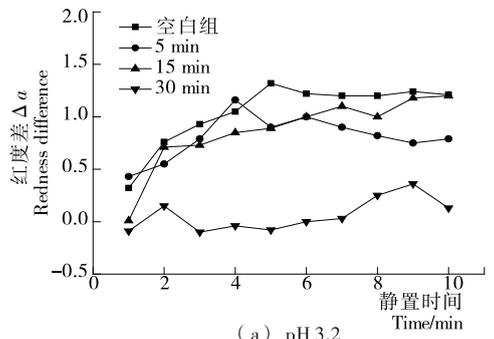
(d) pH 4.4



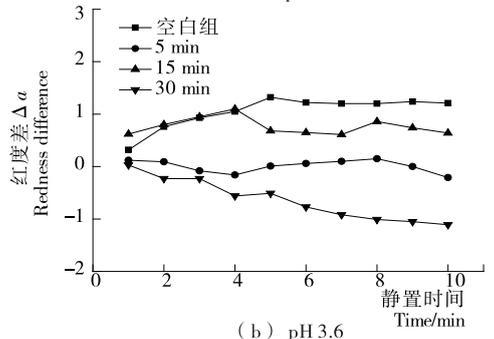
(e) pH 4.8

图 1 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁  $\Delta L$  值的影响

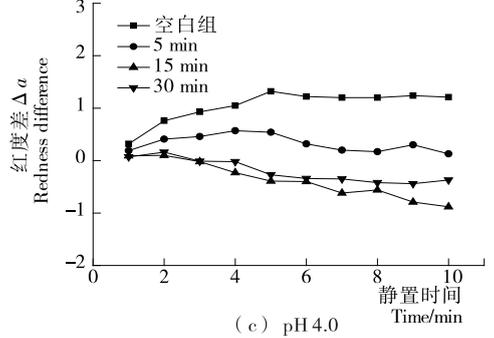
Figure 1 Effect of prepreg solution with different pH values on the  $\Delta L$  value of peach juice



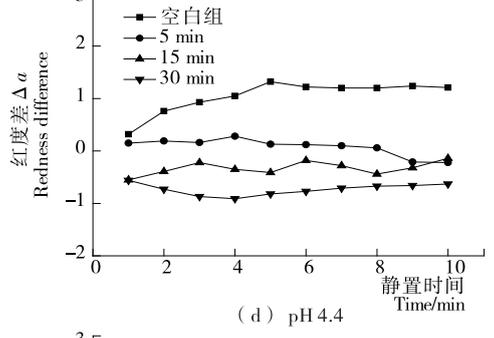
(a) pH 3.2



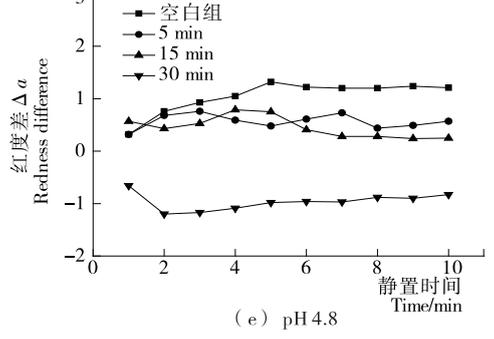
(b) pH 3.6



(c) pH 4.0



(d) pH 4.4



(e) pH 4.8

图 2 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁  $\Delta a$  的影响

Figure 2 Effect of prepreg solution with different pH values on the  $\Delta a$  value of peach juice

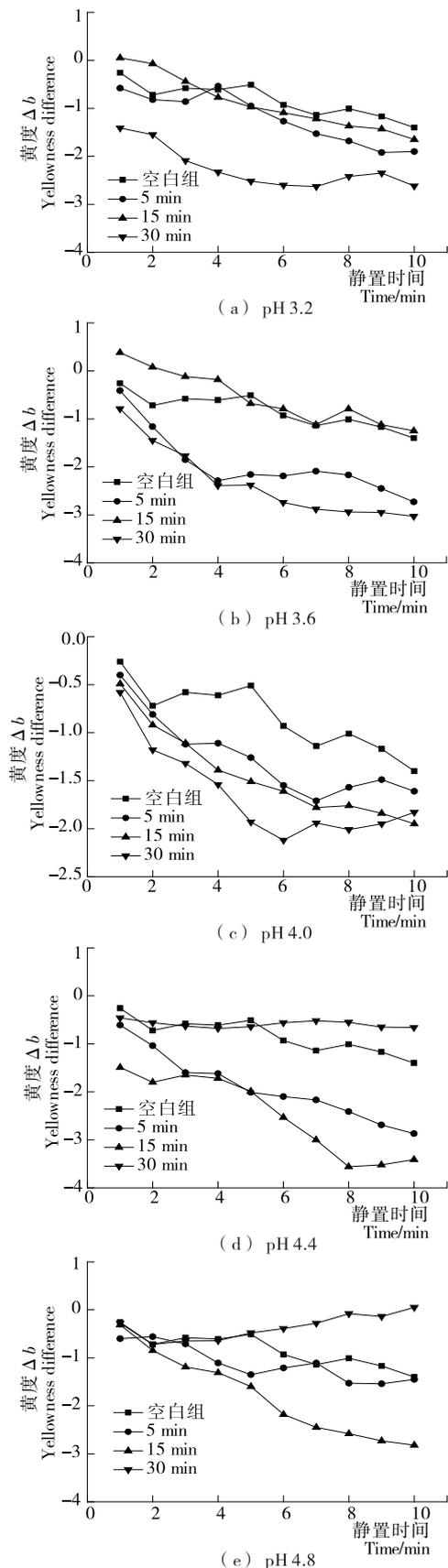


图3 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁  $\Delta b$  的影响

Figure 3 Effect of preprep solution with different pH values on the  $\Delta b$  value of peach juice

不同 pH 值预浸渍液处理水蜜桃后可能会影响水蜜桃中蛋白质与部分游离氨基酸与酚类物质之间的络合作用。此外,有机酸(柠檬酸)的使用还可以使得水蜜桃汁的非酶促褐变减轻<sup>[13]</sup>。

### 2.4 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁总色差 $\Delta E$ 值的影响

与水蜜桃汁的单个色泽参数  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  和  $\Delta L$  不同,水蜜桃汁  $\Delta E$  值的变化反映的是总色差情况。由图 4 不难看出,水蜜桃在不同 pH 值的预浸渍液中处理都会引起  $\Delta E$  值的增加,增加的程度与浸渍液的 pH 值和浸渍时间相关。由图 4(a)和(b)可知,在较低 pH 值( $\text{pH} < 4.0$ )的预浸渍液中长时间浸渍(30 min)并不能遏制水蜜桃汁总色差的增加,反而会促进总色差的加深,不利于水蜜桃汁色泽的稳定。当预浸渍液的  $\text{pH} > 4.4$  时,长时间(30 min)浸渍后水蜜桃汁静置 10 min 后  $\Delta E$  值呈现出稳定趋势,远低于未经任何处理的水蜜桃汁,这就意味着水蜜桃汁的总色差比较稳定,即水蜜桃汁的色泽比较稳定(图 4(d)和(e))。此外,在 pH 4.8 的浸渍液里浸渍 30 min 的水蜜桃汁的  $\Delta E$  值(1.49)低于在 pH 4.4 的浸渍液里处理过的水蜜桃汁的  $\Delta E$  值(2.53),护色效果更优。据分析<sup>[14]</sup>,当 pH 值与体系中的等电点不相等时会导致蛋白质之间互相排斥,进而引起蛋白质与酚的复合物含量增加,最终产生的黑色素将对水蜜桃汁的色泽稳定造成不利影响。

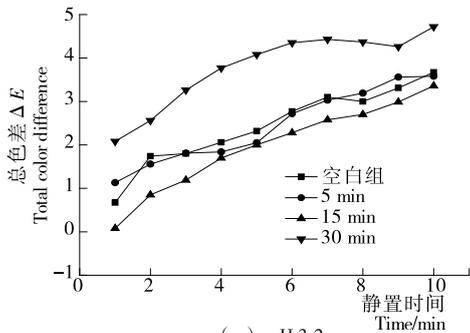
### 2.5 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁色度差 $\Delta C$ 的影响

本研究中除了考察水蜜桃汁色泽变化的数量坐标( $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta E$ ),还考察了角坐标  $C^*$ 。水蜜桃汁  $C^*$  值的变化反映的是色泽饱和程度,简称色度差( $\Delta C$ )。图 5 为不同 pH 值的预浸渍液对水蜜桃汁  $\Delta C$  值变化的影响。未经任何处理的水蜜桃汁在静置的 10 min 内  $\Delta C$  值基本保持稳定,而在不同 pH 值的预浸渍液中处理反而会引起水蜜桃汁的  $\Delta C$  值下降,这就意味着预浸渍处理会降低水蜜桃汁色泽的饱和程度。相比较而言,当浸渍液的  $\text{pH} \leq 4.0$  时,长时间的浸渍(30 min)会引起水蜜桃汁  $\Delta C$  值下降到最低值 -2.0 左右。随着 pH 值升高到 4.4 和 4.8 时,长时间(30 min)的浸渍对水蜜桃汁色度的影响削弱,尤其是 pH 值为 4.4 时,水蜜桃汁的  $\Delta C$  值接近于空白样,色度稳定。

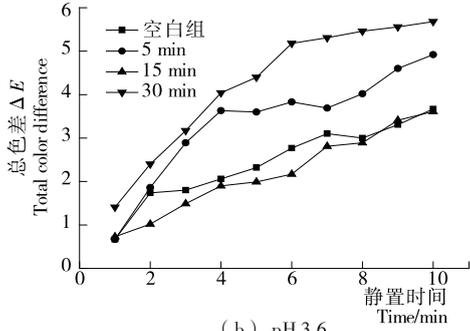
综合考虑水蜜桃汁色泽的各个参数,水蜜桃在打浆之前在 pH 4.8 的预浸渍液里处理 30 min 可以有效遏制水蜜桃汁的褐变,色泽稳定。

## 3 结论

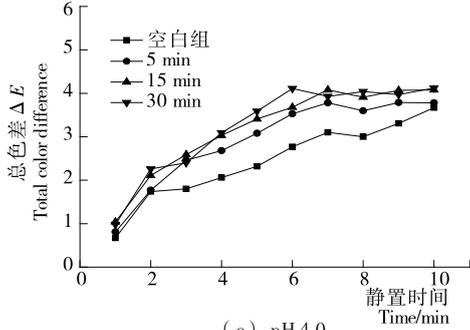
未经处理的水蜜桃在打浆后 10 min 内亮度( $\Delta L$ )和黄度( $\Delta b$ )迅速下降,红度( $\Delta a$ )提高,总色差值( $\Delta E$ )不断上升,而色泽饱和度则比较稳定。打浆前水蜜桃在 pH 值为 4.8 的柠檬酸-柠檬酸钠预浸渍液中处理 30 min 后可以有效遏制水蜜桃汁亮度、红度、黄度的变化,总色差较小,而色泽饱和度则稍有下降。总之,采用 pH 值为 4.8 的柠檬酸-柠檬酸钠缓冲溶液中预浸渍 30 min 可以有效保持水蜜桃汁色泽的稳定,弥补了水蜜桃汁色泽防护方面研究的空白,此研究成果



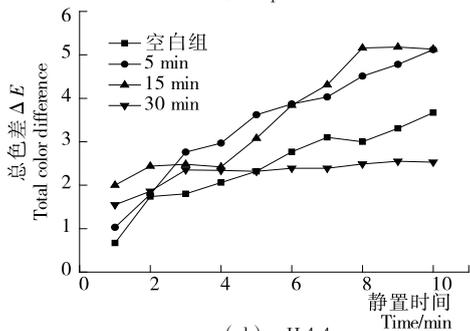
(a) pH 3.2



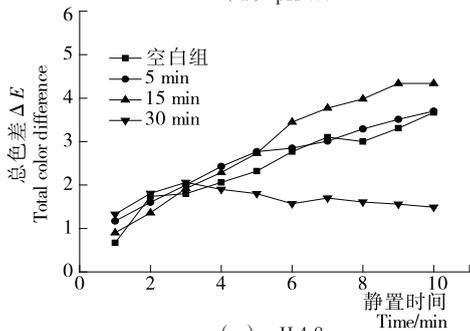
(b) pH 3.6



(c) pH 4.0



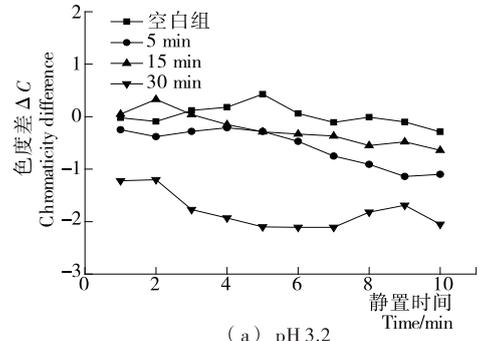
(d) pH 4.4



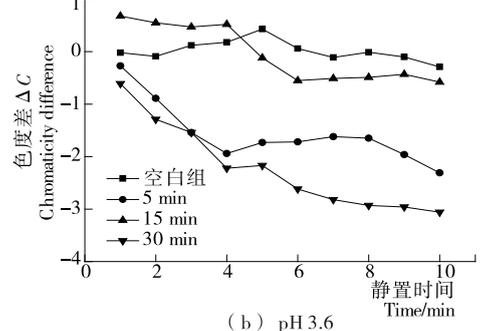
(e) pH 4.8

图 4 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁  $\Delta E$  的影响

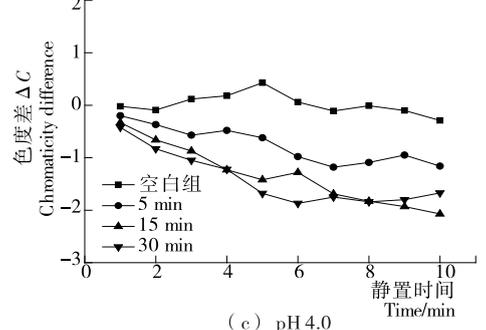
Figure 4 Effect of prepreg solution with different pH values on the  $\Delta E$  value of peach juice



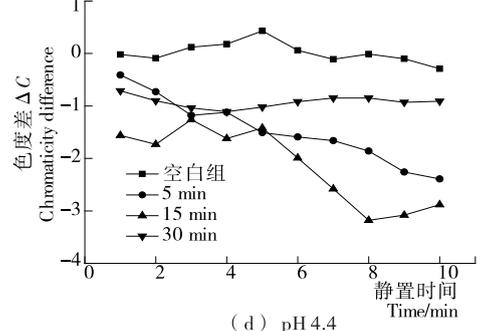
(a) pH 3.2



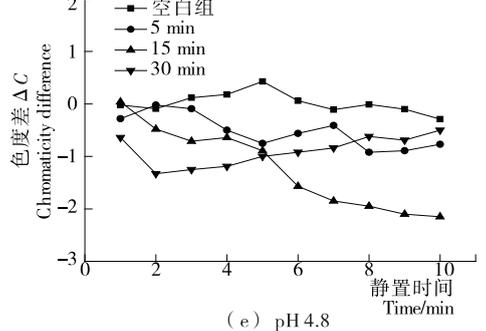
(b) pH 3.6



(c) pH 4.0



(d) pH 4.4



(e) pH 4.8

图 5 预浸渍液 pH 值对水蜜桃汁  $\Delta C$  的影响

Figure 5 Effect of prepreg solution with different pH values on the  $\Delta C$  value of peach juice

(下转第 269 页)

关心食品安全是全民教育的目标。在对国民进行食品安全教育过程中,其教育内容、方法、方式,要根据不同人群的年龄、职业、受教育程度消费能力的差异进行细分,因人而异。对于全体国民,要培训基本的食品安全和卫生知识,重点宣传教育食品安全意识和食品知识等方面的教育。对单个的群体,则要坚持区别教育原则,比如以年龄区分,对老年人要培养一些养生之道,对妇女,要培训一些妇幼保健知识;对于生产者则要强化社会责任感和行业规范,而对于监管者,则强调食品安全标准和相关法律知识<sup>[8]</sup>。在坚持全民教育和区别教育的前提下,由于社会知识的不断增加和更新,随时掌握最新的食品安全知识,做到终身学习,才能真正活到老,学到老。

### 3.2 明确食品安全教育机制的责任主体

明确食品安全教育的责任主体,设立从中央到地方的食品安全教育的体系。中央级别的食品安全教育责任主体负责全国范围内的教育统筹工作,具体指导地方各相关部门的工作<sup>[9]</sup>。就其内容而言,中央机构负责一般性食品安全知识的培训,而地方则落实中央的要求,并结合本地的具体情况另行安排。同时,企业和社会团队对主管部门的工作起配合作用。总而言之,通过顶层设计,形成政府主导的、企业、社会团体以及个人配合的,分工清晰、责任明确的食品安全教育机制体系。

### 3.3 加强食品安全教育专业人才的培养

要解决食品安全教育专业人才的匮乏问题,国家应该加大重视力度和财力支持,加紧培养具有食品安全知识的专业人才。同时,加强食品安全的研究工作,加大对各食品研究机构、高等院校食品安全研究学科,以及各行业协会的支持和投入,加快科学研究并加强产学研融合转化<sup>[10]</sup>。

### 3.4 食品安全教育纳入国民教育体系

食品安全教育要坚持持久性教育的原则,不仅仅重视学

校在这个过程中作用,坚持从小入手,直到高等教育的教育过程,同时也要注重培养学生的学习能力和学习意识。为此,应当建立覆盖幼儿园到大学的食品安全教育课程。对于不同阶段的学校课程,采取区别化的策略。比如,幼稚园阶段,重点教育孩子基本卫生的生活方式;在小学阶段,重点教授孩子食品安全基本知识,以避免食源性疾病的发生;在初中阶段,重点在于帮助孩子形成正确的识别安全食物的能力,以及遇到食品安全突发事件时的解决办法;在高中阶段,重点在整个食品从生产到餐桌的整个生产流通环节的知识。

### 参考文献

- 王仕平,杜波,张睿梅. 对我国食品安全教育的探讨[J]. 中国食品与营养, 2010(3): 17~18.
- 李世敏. 美国食品安全教育体系及其特点[J]. 中国食物与营养, 2006(11): 11~14.
- 蒋凌琳,李宇阳. 消费者对食品安全信任问题的研究综述[J]. 中国卫生政策研究, 2011(12): 50~54.
- 郭雨,叶良均. 我国食品安全教育的问题与对策分析[J]. 宿州学院学报, 2014(1): 46~49.
- 管骁,易翠平,徐斐. 关于我国食品安全标准问题的思考[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 143~145.
- 喻风香. 食品安全教育体系构建的几点思考[J]. 教育教学论坛, 2015(3): 213.
- 李书国,李雪梅,陈辉,等. 食品安全之内涵及我国食品安全教育体系的构建[J]. 食品与药品, 2005(12): 22~26.
- 苟小平. 中小学校应进行食品安全教育[J]. 中国质量技术监督, 2007(10): 37.
- 李真,陈和芳. 法的实效维度下中国食品安全的法律规制[J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 258~260.
- 李太平. 食品中农药最大残留限量标准的安全漏洞分析[J]. 食品科学, 2011, 32(3): 266~271.

(上接第 136 页)

可作为一种简单、有效的水蜜桃护色工艺在工业化生产中推广应用。

### 参考文献

- 金唯新,赵丽丽,吴一羚. 阳山水蜜桃产业发展现状及对策[J]. 现代农业科技, 2015(15): 101~105.
- 曹少谦,陈伟,袁勇军,等. 水蜜桃汁热处理过程中的非酶褐变[J]. 食品科技, 2011, 36(5): 91~94.
- López-Nicolas J M, Pérez-López A J, Carbonell-Barrachina A, et al. Use of natural and modified cyclodextrins as inhibiting agents of peach juice enzymatic browning[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2007, 55(13): 312~319.
- Ma Zeng-xin, Yang Ling-yu, Yan Hai-xia, et al. Chitosan and oligochitosan enhance the resistance of peach fruit to brown rot[J]. Carbohydrate Polymers, 2013, 94(1): 272~277.
- 赵光远,李娜,白艳红,等. 热协同高压处理对鲜榨桃汁品质影响的研究[J]. 广西轻工业, 2006(6): 1~2.
- Poupard P, Guyot S, Bernillon S, et al. Characterisation by liquid chromatography coupled to electrospray ionisation ion trap mass spectrometry of phloroglucinol and 4-methylcatechol oxidation products to study the reactivity of epicatechin in an apple juice model system[J]. Journal of Chromatography A, 2008, 1179(2): 168~181.
- 易建华,董新玲,朱振宝,等. 褐变抑制剂对苹果多酚氧化酶抑制机理研究[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 122~125.
- Queiroz C, Lopes M L M, Fialho E, et al. Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control[J]. Food Reviews International, 2008, 24(4): 361~375.
- 阮卫红,毕金峰,刘璇,等. 影响桃汁色泽稳定性因素研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(9): 139~142.
- 田兰兰,刘婧琳,郑战伟,等. 苹果多酚组分及其生理功能研究进展[J]. 食品工业科技, 2011, 32(12): 552~557.
- 袁敬贻. pH与光照对苹果多酚稳定性的影响[J]. 现代农业科技, 2014(19): 297~304.
- 赵光远,蔡照磊,钟明辉. 苹果的酶促褐变及其影响因素[J]. 食品与发酵科技, 2009, 45(2): 36~37.
- 舒念辉. 果汁褐变及控制研究[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(5): 59~71.
- 敖自华,莫茂松,罗昌. 饮料中蛋白质-多酚的作用机制[J]. 江苏食品与发酵, 2000(3): 28~35.