

# 红心火龙果酒颜色稳定性影响因素的研究

段秋霞<sup>1,2</sup>, 李定金<sup>1</sup>, 段振华<sup>1,2,\*</sup>, 陈嫣<sup>1,2</sup>, 唐美玲<sup>1,2</sup>

(1. 贺州学院 食品科学与工程技术研究院, 广西 贺州 542899;

2. 大连工业大学 食品学院, 辽宁 大连 116034)

**摘要:**为探索红心火龙果酒颜色稳定性的影响因素,进而确定其最佳贮藏条件,以自酿红心火龙果酒为试验对象,研究温度、光照、pH值和氮气对果酒颜色稳定性和口感的影响。研究表明:环境温度越高,红心火龙果酒颜色褪色越快,同时果酒口感也变差。光照能加速分解火龙果酒中的甜菜红色素,随着光照时间的延长,果酒的酒味变淡,酒性不协调。不同的pH值对红心火龙果酒的颜色和口感有显著的影响,在不影响口感的前提下,火龙果酒中甜菜红色素在pH4时较稳定。充氮气可减缓色素降解,接触空气会加速色素的降解。红心火龙果酒的贮藏过程中应注意冷藏避光,在适宜的pH值下密封储存,且可适量填充氮气。

**关键词:**火龙果;果酒;贮藏;颜色;稳定性

## Study on the Factors Affecting the Color Stability of Red Heart Pitaya Wine

DUAN Qiu-xia<sup>1,2</sup>, LI Ding-jin<sup>1</sup>, DUAN Zhen-hua<sup>1,2,\*</sup>, CHEN Yan<sup>1,2</sup>, TANG Mei-ling<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Food Science and Engineering, Hezhou University, Hezhou 542899, Guangxi, China;

2. School of Food, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, Liaoning, China)

**Abstract:** In order to explore the factors that affect the color stability of red heart pitaya, and then determine its optimum storage conditions, using the self-brewed red heart pitaya wine as test object, the effect of temperature, light, pH value and nitrogen on the color stability and taste of fruit wine were researched. The results showed that the higher the ambient temperature, the faster the color of red heart pitaya color fades, and the worse the taste of fruit wine. Light could accelerate the decomposition of beet red pigment in pitaya wine. With the extension of light time, the wine tasted becomes weak and the wine was incongruous. Different pH values had a significant effect on the color and tasted of red heart pitaya wine. Under the premise of not affecting the taste, the beet red pigment in red heart pitaya wine was stable at pH 4. Filling with nitrogen could slow the degradation of pigments, while contact with air could accelerate the degradation of pigment. During the storage of red heart pitaya wine, it should be kept refrigerated and protected from light, sealed and stored at a suitable

基金项目:广西特色果蔬深加工与保鲜技术研究(YS201601);贺州学院“果蔬深加工与保鲜团队建设”项目(YS201602);广西特聘专家专项经费(厅发[2016]21号);广西科技基地和人才专项(桂科AD17195088);贺州市创新驱动发展专项(贺科创PT1907006);广西自然科学基金(2019JJA130016);2019年度广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(2019KY0711)

作者简介:段秋霞(1995—),女(汉),硕士研究生,研究方向:食品加工与安全。

\*通信作者:段振华(1965—),男,教授,博士,研究方向:现代食品加工新技术。

2015, 20(12): 22329-22340

[23] Wojdyło A, Figiel A, Oszmiański J. Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2009, 57(4): 1337-1343

[24] Wu C S, Gao Q H, Guo X D, et al. Effect of ripening stage on physicochemical properties and antioxidant profiles of a promising table fruit 'pear-jujube' (*Zizyphus jujuba* Mill.)[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 148: 177-184

收稿日期:2020-02-01

pH value, and filled with nitrogen.

**Key words:** pitaya; fruit wine; storage; color; stability

引文格式:

段秋霞,李定金,段振华,等.红心火龙果酒颜色稳定性影响因素的研究[J].食品研究与开发,2020,41(24):130-136  
DUAN Qiuxia, LI Dingjin, DUAN Zhenhua, et al. Study on the Factors Affecting the Color Stability of Red Heart Pitaya Wine[J].  
Food Research and Development, 2020, 41(24): 130-136

红心火龙果 (*Hylocereus undulatus* Britt), 仙人掌科、量天尺属植物的果实,又名红龙果、仙蜜果、玉龙果、龙珠果、芝麻果等,是热带和亚热带的名优水果之一<sup>[1]</sup>,原产于中美洲热带沙漠地区,后传入越南、泰国等东南亚国家和中国<sup>[2-3]</sup>。主要品种为红皮白肉、红皮红肉、黄皮白肉 3 种,其中红心火龙果质量更优,备受消费者青睐<sup>[4-5]</sup>。火龙果营养丰富、功能独特,且含有大量的维生素和水溶性膳食纤维与其它植物体内稀有的植物性白蛋白,具有预防重金属中毒、增强骨质、降低胆固醇等作用,还可以预防便秘、口角炎、贫血等<sup>[6-8]</sup>。火龙果果实的含水量高,呼吸作用强,采摘后在常温下极易造成失水萎蔫,甚至腐烂,从而失去商品价值,造成巨大的经济损失<sup>[9]</sup>。因此将火龙果发酵成果酒,不但可以解决火龙果货架期短的问题,而且能增加其食用价值,还可以丰富果酒的品种。

红心火龙果酒是以红皮红肉火龙果为原料,经去皮、榨汁后,低温发酵而成的色泽艳丽酒体轻盈的低度酒饮料,保留了火龙果原有的氨基酸、有机酸、矿物质和部分水溶性膳食纤维等对身体有益的成分,因富含甜菜红素而呈现明亮的紫红色<sup>[10-11]</sup>。目前,对于红心火龙果酒而言,许多学者倾向于研究其发酵工艺。李厚培等<sup>[12]</sup>以新鲜红心火龙果为原料,采用多菌协联发酵,得到香气突出浓郁、回味协调丰盈的火龙果酒。周景瑞等<sup>[13]</sup>采用火龙果汁发酵,生产出具有典型的火龙果香和浓郁醇厚酒香的火龙果酒。陈烁等<sup>[14]</sup>采用红曲进行二次发酵得到的红曲火龙果酒兼具果酒和米酒的风味特征,质量更优。而关于对红心火龙果酒贮藏环境及颜色稳定的影响因素的研究尚未见报道。颜色作为果酒最重要的感官品质之一,是消费者在消费过程中首先关注的重要品质特征<sup>[15]</sup>。保持或赋予食品以良好的色泽,是食品加工过程中的一个重要环节<sup>[16]</sup>。红心火龙果酒在生产及储藏过程中易发生褪色现象,颜色由深紫红色变为暗红色再变为黄褐色。果酒的褪色严重影响了其感官品质,降低了经济价值。因此,为了探索红心火龙果酒颜色稳定性的影响因素,进而确定

其最佳储存条件,本试验以自酿红心火龙果酒为试验对象,研究温度、光照、pH 值和氮气对红心火龙果酒颜色稳定性和口感的影响。以期为进一步开发、研究红心火龙果酒、红心火龙果饮料和其它果酒奠定基础和技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

新鲜红心火龙果、白砂糖:市售;Pectinex 果胶裂解酶( $1 \times 10^4$  U/mL):广州明曜公司;BV818 葡萄酒活性干酵母:安琪酵母股份有限公司;食用碱:南京甘汁园糖业有限公司;柠檬酸(食品级):浙江多味化工食品有限公司。

### 1.2 仪器与设备

ZQZY-VC 振荡培养箱:上海知楚仪器有限公司;UV-1780 紫外可见分光光度计:岛津仪器有限公司;CR-400 色差仪:柯尼卡美能达(中国)投资有限公司;LH-B55 数显折光仪:陆恒科技生物技术有限公司;RXZ 型(多段编程)智能人工气候箱:宁波江南仪器厂;Five Easy Plus pH 计:梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司;CK-A600 真空充氮包装机:玉环昶坤机械设备有限公司。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 红心火龙果酒的制备工艺

原料经去皮、破碎、打浆、过滤后,加入纯净水把果汁的浓度调整在可溶性固形物为  $9^\circ\text{Bx}$ , 加入 0.012% 果胶酶在  $40^\circ\text{C}$  下酶解 20 min, 调整果汁初始发酵糖度为  $23^\circ\text{Bx}$ ,  $85^\circ\text{C}$  杀菌 15 min 后, 添加果汁体积 0.04% 的活化后的 BV818 酵母,  $22^\circ\text{C}$  下静置发酵 7 d, 过滤灭菌澄清后即可得到糖度为 13.2 g/L, 酸度为 4.36 g/L, 酒精度为 8.15 %vol 的红心火龙果酒。

#### 1.3.2 温度对红心火龙果酒颜色稳定性的影响

取 25 mL 红心火龙果酒, 分别置于 25、40、55、70、85、100  $^\circ\text{C}$  中水浴加热, 在 1、2、3、4、5 h 时分别取样, 测定  $A_{600\text{nm}}$  与  $A_{537\text{nm}}$  处吸光值, 计算甜菜红素的含量并计

算其保存率,测其色度,分析温度对红心火龙果酒颜色稳定性的影响。

### 1.3.3 pH 值对红心火龙果酒颜色稳定性的影响

取 25 mL 红心火龙果酒,分别用柠檬酸和食用碱调节样品的 pH 值为 3.5、4.0、4.5、5.0、5.5、6.0,在 24、48、72、96、120 h 时分别取样,测定  $A_{600\text{nm}}$  与  $A_{537\text{nm}}$  处吸光值,计算甜菜苷含量并计算其保存率,测其色度,分析 pH 值对红心火龙果酒颜色稳定性的影响。

### 1.3.4 光照对红心火龙果酒颜色稳定性的影响

取 25 mL 红心火龙果酒,分别在持续光照、自然散射光、避光条件下贮藏,在 24、48、72、96、120 h 时分别取样,测定  $A_{600\text{nm}}$  与  $A_{537\text{nm}}$  处吸光值,计算甜菜苷含量并计算其保存率,测其色度,分析不同光照条件对红心火龙果酒颜色稳定性的影响。

### 1.3.5 氮气对火龙果酒颜色稳定性的影响

取 25 mL 红心火龙果酒,分别对其进行充入空气处理与充入氮气处理,在 24、48、72、96、120 h 时分别取样,测定  $A_{600\text{nm}}$  与  $A_{537\text{nm}}$  处吸光值,计算甜菜苷含量并计算其保存率,测其色度,分析氮气处理对红心火龙果酒颜色稳定性的影响。

### 1.3.6 色差测定

采用色差仪测定样品的  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值,计算出样品的  $\Delta E$  值。以  $\Delta E$  值描述样品的颜色变化程度<sup>[17]</sup>,计算公式(1)如下。

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

### 1.3.7 甜菜红色素含量测定

取 0.5 mL 火龙果酒,于 10 mL 比色管,加入蒸馏水定容,摇匀,分别在波长 537、600 nm 处,以蒸馏水为空白参比,测定其吸光度<sup>[18-19]</sup>。按下列公式(2)计算甜菜红色素含量(以甜菜苷计)。

$$\text{甜菜红色素含量}/(\text{mg/L}) = A_w \times DF \times MF \times 1000 / \varepsilon \times L \quad (2)$$

式中: $A_w$  为 537 nm 处的吸光值减去 600 nm 处吸光值; $DF$  为稀释倍数; $MF$  为甜菜苷摩尔质量,550 g/mol; $\varepsilon$  为标准甜菜苷摩尔消光系数,60 000 L/(mol·cm); $L$  为比色皿的光路长度,cm。

$$\text{甜菜红色素保存率}/\% = C/C_0 \times 100 \quad (3)$$

式中: $C$  为处理后的甜菜红色素含量,mg/L; $C_0$  为处理前的甜菜红色素含量,mg/L。

### 1.3.8 感官评分的评定

红心火龙果酒感官评分标准见表 1。

## 1.4 数据分析

所有试验重复 3 次,采用 origin9.1 软件进行数据分析及绘图。

表 1 红心火龙果酒感官评分标准

指标	评定标准	分值
色泽(20分)	紫红、深红、有光泽、无沉淀物	16~20
	暗红、有光泽、无沉淀	11~15
	黄红、微浑、光泽差	7~10
	黄褐、浑浊、失光、有沉淀	0~6
香气(30分)	具有和谐的火龙果清香与浓郁醇厚的酒香	24~30
	具有火龙果酒应有的香气,有较和谐的果香和酒香	18~23
	具有火龙果酒应有的香气,醇香不明显 果香较淡不突出	12~17
口感(40分)	缺乏火龙果酒应有的香气,香气单一且不醇厚	6~11
	具有火龙果酒不应有的气味或其他不愉快气味	0~5
	酒质醇厚、柔和爽口、酒体丰满、回味清爽	36~40
风格(10分)	酒质较醇厚、柔和度不够,酒体不够丰满	31~35
	酒味不够醇厚、柔和度差、回味有刺激	20~30
	酒味淡薄、刺激性大、略带苦涩	10~19
	酒味刺激、回味较苦,有酸败、异杂味	0~9
风格(10分)	具有火龙果果酒的风格,酒性协调、典型性好	8~10
	典型性不明显,酒性协调不好	4~7
	酒性不协调、无典型性	0~3

## 2 结果与分析

### 2.1 温度对红心火龙果酒颜色稳定性的影响

温度对红心火龙果酒中甜菜红色素保存率的影响见图 1。

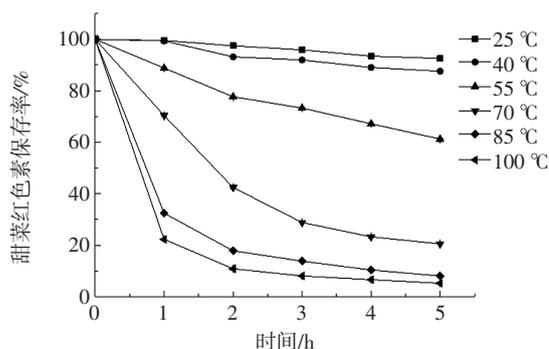


图 1 温度对甜菜红色素保存率的影响

Fig.1 The effect of temperature on the preservation rate of beet red pigment

天然色素在高温条件下会发生褪色,具有热不稳定性<sup>[20]</sup>,红心火龙果酒中含有大量的天然色素。由图 1 可知,在 40 °C 以下,红心火龙果酒颜色比较稳定,加热 2 h,甜菜红色素保存率还在 90% 以上,甜菜红色素保存率会随着时间的延长略微降低,变化不明显。但是高于 55 °C,甜菜红色素稳定性变差,保存率出现明显下降。100 °C 加热 2 h 时,甜菜红色素的保存率只有 10.84%,色素被严重破坏。随着时间的延长,甜菜红色素保存率逐渐趋于 0。由此说明,红心火龙果酒中甜菜

红色素热稳定性差,温度越高,其降解速率越快,温度会破坏红心火龙果酒颜色的稳定性,红心火龙果酒适合在低温或室温保存。

温度对红心火龙果酒的色差值影响见图 2。

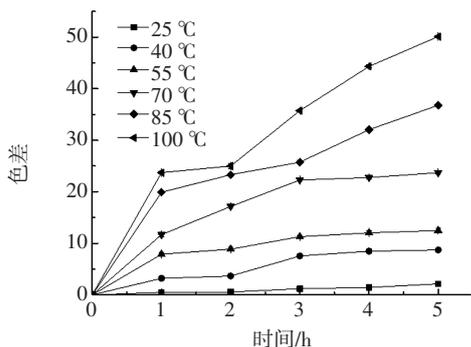


图 2 温度对色差的影响

Fig.2 The effect of temperature on color difference

由图 2 可知,在 25 °C 时,红心火龙果酒颜色几乎不改变,色差变化也很小,但是温度在 40 °C 到 55 °C,随着时间的延长,红心火龙果酒颜色稍有变化,其色差也逐渐增大。85 °C 与 100 °C 加热时,随着时间的增加,颜色变化非常明显,色差变化也非常大。在 100 °C 加热 1 h 与 2 h 时色差变化稍小,是因为在加热时,红心火龙果酒颜色由紫红色逐渐褪为红色,再由红色慢慢褪为淡黄色。色差中  $L^*$  值、 $a^*$  值、 $b^*$  值都有变化,由于红心火龙果酒褪色的原因,亮度一直在增加,即  $L^*$  值不断变大; $a^*$  值表示红绿色调,则是先增加后减小;而  $b^*$  值表示蓝黄色调,增加到一定程度就趋于稳定。此时, $L^*$  值在增加, $a^*$  值已经开始减小, $b^*$  值处于稳定状态,所以导致在 100 °C 加热 1 h 与 2 h 色差变化稍小。

温度对红心火龙果酒的感官评分影响见图 3。

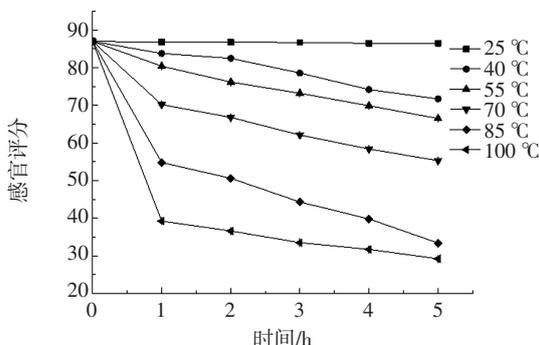


图 3 温度对感官评分的影响

Fig.3 The effect of temperature on sensory score

由图 3 可以看出,温度对红心火龙果酒的感官品质影响很大。随着处理温度的提高,红心火龙果酒的感官评分一直处于下降的趋势,果酒的颜色由紫红色褪成红色再到浅黄色。在 70 °C 时,红心火龙果酒出现

了轻微熟化的味道。温度越高,果酒熟化的味道越重,褪色越严重,从而造成感官评分降低。此时,就口感而言,果酒已经失去了经济价值。

综上所述,红心火龙果酒的贮藏温度应保持在 25 °C 以下。

## 2.2 pH 值对红心火龙果酒颜色稳定性的影响

pH 值对红心火龙果酒中甜菜红色素的保存率影响见图 4。

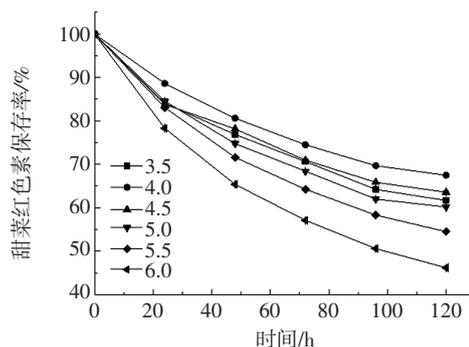


图 4 pH 值对甜菜红色素保存率的影响

Fig.4 The effect of pH on the beet red pigment preservation rate

由图 4 可知,不同的 pH 值对红心火龙果酒中甜菜红色素的保存率不同。在第 120 小时,果酒 pH 值为 4 时,红心火龙果酒中甜菜红色素的保存率最高,为 67.49%。而 pH 值为 6 时,红心火龙果酒中甜菜红色素降解得最快,在第 120 小时,果酒中的甜菜红色素保存率仅为 46.19%,较 pH 值为 4 时,下降 21.3%。由此可以得出,红心火龙果酒中甜菜红色素在 pH 值为 4 的条件下相对于其它 pH 值而言比较稳定。

pH 值对红心火龙果酒的色差值影响见图 5。

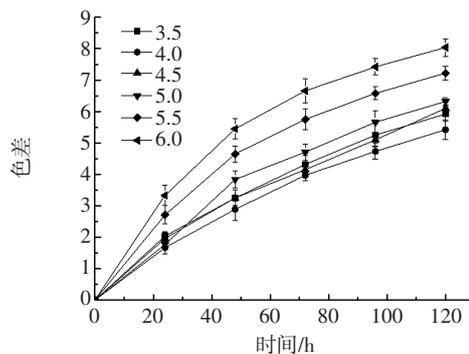


图 5 pH 值对色差的影响

Fig.5 The effect of pH on color difference

红心火龙果酒对 pH 值比较敏感,色调会随之发生很大的变化。由图 5 可知,随着时间的增加,红心火龙果酒的色差值逐渐增大,说明果酒的颜色在变化。在第 120 小时,pH 值为 4 的色差值变化最小。当 pH 值为 6 时,在第 24 小时,果酒的紫红色已经变为深红

色,在第120小时,变为黑红色。可能是由于pH值的改变,导致果酒体系中色素改变结构重排<sup>[21]</sup>,从而改变了果酒的颜色。由此可以看出,红心火龙果酒体系的pH值不适宜偏中性条件。

pH值对红心火龙果酒的感官评分影响见图6。

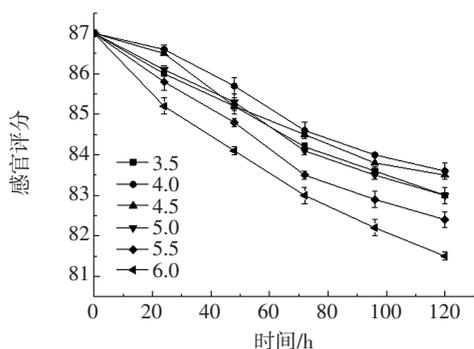


图6 pH值对感官评分的影响

Fig.6 The effect of pH on sensory score

由图6可知,随着时间的增加,红心火龙果酒的感官评分逐渐降低。一方面是由于红心火龙果酒颜色的改变,另一方面是由于果酒的口感。pH值为6时,红心火龙果酒的酒体颜色加深,成为暗红色,果酒中的碱味过重,对口感造成影响。pH值为3.5时,果酒中由于加入过多的酸而导致酒体不协调,酸味过重。

综上所述,红心火龙果酒不适宜在强酸性或者偏中性的条件下贮藏,而适宜在弱酸性的条件下贮藏,较适宜的pH值为4.0。

### 2.3 光照程度对红心火龙果酒颜色稳定性的影响

光照程度对红心火龙果酒中甜菜红色素的保存率影响见图7。

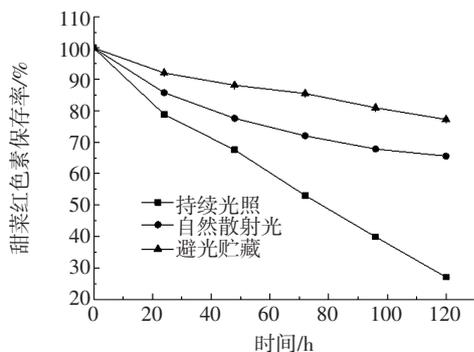


图7 光照对甜菜红色素保存率的影响

Fig.7 The effect of light on the preservation rate of beet red pigment

由图7可知,在黑暗避光贮藏和自然散射光条件下,红心火龙果酒甜菜红色素的保存率稍有下降,但颜色几乎没有变化。但在持续光照的条件下,褪色较为明显,持续光照120h时,可以观察到火龙果酒的颜

色由最初的紫红色已经变成橙红色,甜菜红色素保存率仅为27.09%。可能是红心火龙果酒中含有的物质受到光照时,容易发生光氧化反应,造成结构的变化,不利于果酒颜色的稳定<sup>[22]</sup>。由此可见,光照是影响红心火龙果酒甜菜红色素稳定的重要因素。

光照程度对红心火龙果酒的色差值影响见图8。

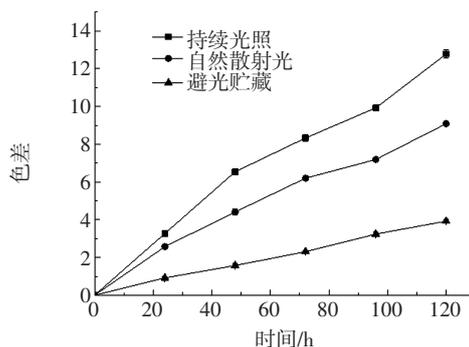


图8 光照对色差的影响

Fig.8 The effect of illumination on color difference

由图8可以看出,在持续光照条件下,红心火龙果酒颜色变化最大,随着时间的增加,色差值持续上升,其次为在自然散射光条件下。避光贮藏时,红心火龙果酒色差值变化最小,果酒颜色较为稳定。因此不同光照条件对红心火龙果酒颜色稳定性的影响较大,避光贮藏可以缓解红心火龙果酒的颜色变化。

光照程度对红心火龙果酒的感官评分影响见图9。

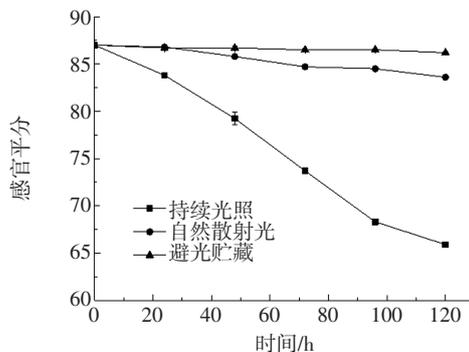


图9 光照对感官评分的影响

Fig.9 The effect of light on sensory score

由图9可以看出,在光照条件下,对红心火龙果酒的感官评分影响显著。在自然散射光和避光贮藏条件下,果酒的感官评分趋于稳定。随着光照时间的增加,红心火龙果酒的紫红色逐渐褪去,变为橙红色,酒味也变得越来越淡,果酒的典型性与协调性变得不好,感官评分也逐渐降低。

综上所述,红心火龙果酒应在避光条件下贮藏。

### 2.4 氮气对红心火龙果酒颜色稳定性的影响

氮气对红心火龙果酒中甜菜红色素的保存率影

响见图 10。

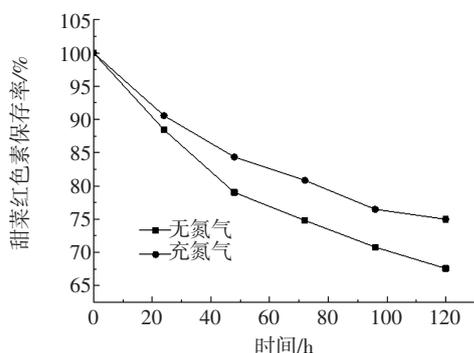


图 10 氮气对甜菜红色素保存率的影响

Fig.10 The effect of nitrogen on beet red pigment preservation rate

由图 10 可知,在红心火龙果酒中充入氮气,其果酒中甜菜红色素的保存率高于未充入氮气的果酒。在第 120 小时,未充入氮气的红心火龙果酒中甜菜红色素的保存率为 67.57%,而充入氮气的红心火龙果酒中甜菜红素的保存率为 74.98%,较前者提高 7.41%。可能由于果酒中的甜菜红色素含有不饱和的双键,在空气中氧的作用下会发生氧化作用而造成褪色<sup>[23]</sup>,充入氮气之后隔绝了氧气,从而延缓红心火龙果酒中甜菜红色素的降解,有利于果酒颜色保存。

氮气对红心火龙果酒的色差值影响见图 11。

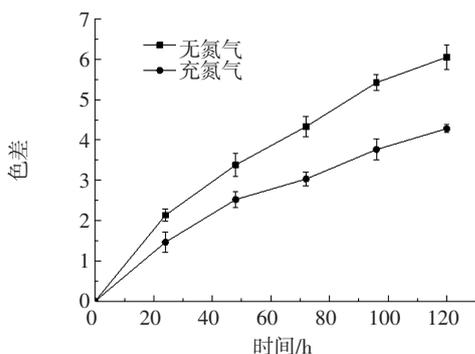


图 11 氮气对色差的影响

Fig.11 The effect of nitrogen on color difference

由图 11 可知,随着时间的增加,红心火龙果酒的色差值逐渐增大。其中未充氮气红心火龙果酒颜色的变化幅度较大,果酒色差值也一直大于充氮气的果酒。氮气是惰性气体,在果酒中不发生任何反应,反而起到隔绝氧气的作用,使果酒体系中的某些氧化反应缺少底物,从而阻断反应。由此可以说明,充入氮气有利于红心火龙果酒的颜色稳定。

氮气对红心火龙果酒的感官评分影响见图 12。

由图 12 可知,在第 120 小时,未充氮气的红心火龙果酒感官评分为 83,低于充入氮气的红心火龙果

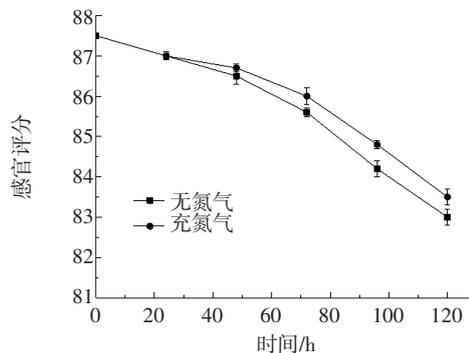


图 12 氮气对感官评分的影响

Fig.12 The effect of nitrogen on sensory score

酒。随着时间的增加,未充氮气的红心火龙果酒中甜菜红色素含量降低,果酒颜色由紫红色逐渐褪去,颜色的改变导致红心火龙果酒的感官评分出现差异,在口感上差异不显著。

综上所述,充氮气有利于红心火龙果酒颜色的稳定。

### 3 结论

本研究首次探讨了红心火龙果酒贮藏的影响因素,通过探讨温度、光照、pH 值和氮气等影响因素。研究发现,红心火龙果酒贮藏的环境温度越高,果酒褪色越快,同时果酒口感也变差。光照能加速分解火龙果酒中的甜菜红色素,随着光照时间的延长,果酒的酒味变淡,酒性变得不协调。在不影响口感的前提下,火龙果酒中甜菜红色素在 pH 值为 4 时较稳定。当 pH 值调节到 3.5 或 5.5 时,都会过酸或过碱,影响果酒的口感。充氮气可减缓色素降解,接触空气会加速色素的降解。由此可见,红心火龙果酒的贮藏过程中应注意冷藏避光,在适宜的 pH 值下密封储存,且可适量填充氮气。本研究可以为深入开发红心火龙果酒、红心火龙果饮料和其它果酒的开发提供理论基础和技术参考。

### 参考文献:

- [1] 段振华. 火龙果的营养评价与加工技术 [J]. 食品研究与开发, 2018,39(10):215-219
- [2] 张相敏,张广平,李丽,等. 甲酸乙酯熏蒸对火龙果采后冷藏和货架期品质的影响研究[J]. 食品科技, 2019,44(8):42-46
- [3] 李国林,孟繁博,王辉,等.  $\beta$ -氨基丁酸处理对火龙果采后病害及贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2019,40(18):39-44
- [4] Ariffin A A, Bakar J, Tan C P, et al. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil[J]. Food Chemistry, 2009, 114(2):561-564
- [5] 邓爱妮,叶海辉,何秀芬,等. 海南红肉与白肉火龙果营养成分含量分析[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(1):1-9
- [6] 盘喻颜,段振华,刘艳,等. 火龙果片微波间歇干燥特性及其动力

- 学研究[J].食品与机械,2019,35(3):195-201
- [7] 黎海利,刘锴栋,袁长春,等.红肉火龙果果皮色素提取工艺优化及其抗氧化活性[J].食品与发酵工业,2014,40(12):203-209
- [8] 刘雅.苹果火龙果复合饮料制备及理化指标分析[J].食品研究与开发,2017,38(22):116-120
- [9] 巴良杰,王瑞,曹森,等.热处理对采后火龙果品质和抗氧化活性的影响[J].食品科技,2019,44(2):59-64
- [10] 龚霄,殷俊伟,刘洋洋,等.红心火龙果酒生产过程中的褐变机理探究[J].食品工业科技,2018,39(1):52-56
- [11] 殷俊伟,龚霄,王晓芳,等.红心火龙果酒挥发性成分分析[J].中国酿造,2016,35(9):159-162
- [12] 李厚培,王超萍.偶联发酵法生产红心火龙果酒工艺初探[J].食品工业,2016,37(2):110-112
- [13] 周景瑞,肖敏,肖荣飞,等.红心火龙果酒酿造工艺研究[J].中国酿造,2017,36(4):188-191
- [14] 陈烁.红曲火龙果酒加工工艺研究[D].贵阳:贵州大学,2018
- [15] Marquez A, Serratos M P, Merida J. Influence of bottle storage time on colour, phenolic composition and sensory properties of sweet red wines[J]. Food Chemistry,2014,146(146):507-514
- [16] 邓育平,龙红波.火龙果果皮色素的提取与稳定性研究[J].现代农业科技,2013(11):315-316,321
- [17] 刘小莉,胡根河,陆卿卿,等.热处理条件对蓝莓汁中花色苷和加工特性的影响[J].中国食品学报,2016,16(1):161-166
- [18] Herbach K M, Maier C, Stintzing F C, et al. Effects of processing and storage on juice colour and betacyanin stability of purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) juice[J]. European Food Research and Technology, 2007, 224(5):649-658
- [19] 罗进,刘芳梅,赵雷,等.酶解条件对火龙果甜菜红素含量和出汁率的影响[J].现代食品科技,2018,34(5):167-173,122
- [20] 徐馨,丁金龙.提高天然色素稳定性方法的研究进展[J].中国调味品,2018,43(1):175-179
- [21] 刘淑玲.天然色素结构与行为关系的研究及应用[D].太原:山西大学,2004
- [22] 赵珍珍.红肉火龙果色素提取工艺优化及其化学成份分析[D].福州:福建农林大学,2012
- [23] 乔华.天然食用色素色泽稳定性的研究及应用[D].太原:山西大学,2006

收稿日期:2020-02-20

## 欢迎订阅 2021 年《食品研究与开发》

《食品研究与开发》是由天津市食品研究所有限公司和天津市食品工业生产力促进中心主办,国内外公开发行的食品专业科技期刊,1980年创刊,半月刊,采用国际流行开本大16开。其专业突出,内容丰富,印刷精美,是一本既有基础理论研究,又包括实用技术的刊物。本刊已被“万方数据库”、“中文科技期刊数据库”、《乌利希期刊指南》、美国《化学文摘》、英国国际农业与生物科学研究中心(CABI)、英国《食品科技文摘》(FSTA)等知名媒体收录,并被列入“中文核心期刊”、“中国科技核心期刊”、RCCSE中国核心学术期刊(A)。主要栏目有:基础研究、应用技术、检测分析、生物工程、专题论述、食品机械等。

本刊国内统一刊号 CN 12-1231/TS;国际刊号 ISSN 1005-6521;邮发代号:6-197。全国各地邮局及本编辑部均可订阅。从本编辑部订阅全年刊物享八折优惠。2021年定价:30元/册,全年720元。

本编辑部常年办理邮购,订阅办法如下:

(1)邮局汇款。地址:天津市静海县静海经济开发区南区科技路9号;收款人:《食品研究与开发》编辑部;邮政编码:301600。

(2)银行汇款。开户银行:工商银行静海支行,行号:102110000863。

账号:0302095119300204171;单位:天津市食品研究所有限公司。

《食品研究与开发》编辑部

www.tjfrad.com.cn

E-mail:tjfood@vip.163.com

电话(传真):022-59525671