

热处理对抑制鲜切香蕉褐变的效果的研究

袁明芬,刘程惠*,胡文忠,陈晨,邹宇

(大连民族学院生命科学学院,辽宁大连 116600)

摘要:研究 35、45、55℃ 三种不同温度热处理对鲜切香蕉在 4℃ 贮藏过程中褐变的抑制作用。结果表明:与对照相比,所有热处理组均能延缓鲜切香蕉失重率的下降,其中以 45℃ 热处理效果最佳。各热处理均维持了鲜切香蕉的亮度,其中以 45℃ 处理效果最好。在维持香蕉颜色饱和度上,55℃ 热处理效果低于对照组,35℃ 和 45℃ 处理效果高于对照组,其中以 45℃ 处理效果最好。同时,热处理还抑制鲜切香蕉褐变酶 PPO 及 POD 活性,控制鲜切香蕉丙二醛(MDA)和总酚的含量,其中以 45℃ 处理效果最好。综合来说热处理可以抑制鲜切香蕉贮藏期间褐变的发生。

关键词:热处理,鲜切香蕉,褐变

Study on the effect of heat treatment on the browning prevention of fresh-cut banana

YUAN Ming-fen, LIU Cheng-hui*, HU Wen-zhong, CHEN Chen, ZOU Yu

(College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China)

Abstract: Effect of different temperatures of heat treatment on browning of fresh-cut bananas stored under 4℃ were studied. The results showed that, compared with the control, all heat treatment groups could delay the decline of weightlessness rate of fresh-cut bananas, and 45℃ heat treatment was the best. In maintaining the color saturation of bananas, the effect of 55℃ heat treatment was lower than the control group and that of 35℃ and 45℃ were higher than the control group, and 45℃ heat treatment worked best. Meanwhile, the activity of browning enzymes PPO and POD was also inhibited by heat treatment, and the content of malondialdehyde (MDA) and the total phenols of fresh-cut bananas was controlled, and 45℃ heat treatment worked best. In conclusion, the browning of fresh-cut bananas during storage could be inhibited by heat treatment.

Key words: heat treatment; fresh-cut banana; browning

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)07-0332-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.07.061

香蕉含糖量很高,同时还含有多种氨基酸和较齐全的多维生素、矿物质元素,它还对心血管、消化道系统等常见病有一定的辅助治疗效果^[1]。近年来,香蕉产业链不断发展扩大,但其加工却相对落后,因为香蕉属于呼吸跃变型水果,经切分处理后,导致呼吸作用和代谢急剧变化,表面迅速褐变,褐变严重影响其感官质量及营养价值,如何控制鲜切香蕉的褐变是鲜切香蕉保鲜的首要问题^[2]。

随着人们生活水平的不断提高以及对各种化学保鲜产品食用安全的疑虑,热处理以其无毒、无害、无化学残留的独特优势,开始引起越来越多的关注。据田密霞等^[3]研究,热处理能够明显抑制鲜切梨果实 PPO、POD 活性,抑制果实褐变,保持鲜切梨果实的颜色。樊志勇等^[4]对香蕉热烫处理研究证明,热处理对控制香蕉在加工过程中的褐变有明显效果。陈会燕

等^[5]发现热处理对延缓鲜切菠萝的衰老和保持品质有明显作用。热处理方法中由以热水处理的操作较为简单。本文针对鲜切香蕉在贮藏期内易褐变的问题,探究热水处理对鲜切香蕉褐变的抑制作用,以期鲜切香蕉提供一种便捷、无毒、无药物残留的保鲜方法。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

选择无病虫害,果皮金黄,成熟度不小于八九成熟,大小均匀,同一批次的香蕉做试材。

磷酸氢二钠、磷酸二氢钠、甲醇、福林酚、邻苯二酚、愈创木酚、30% 双氧水、聚乙烯吡咯烷酮、硼砂、硼酸、三氯乙酸等,均为分析纯。

CR400/CR410 型色差计 日本 KonicaMinolta; 电子天平 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; BR4i 型台式高速冷冻离心机 法国 Jouan; T-25 型

收稿日期: 2014-05-29

作者简介: 袁明芬(1992-),女,本科,研究方向:食品科学与工程。

*通讯作者: 刘程惠(1979-),女,硕士,工程师,研究方向:食品科学与工程。

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD38B05); 中央高校基本科研业务费专项资助项目(DC12010302); 国家级大学生创新训练计划项目(G2013038); 大连民族学院太阳鸟项目。

匀浆器 德国 IKA; DK-S26 型电热恒温水浴锅 上海精宏实验设备有限公司; UV-2600 型紫外可见分光光度计 日本岛津仪器有限公司; UV-2100 型紫外可见分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 对香蕉的热处理 选择无病虫害,果身圆满尚见棱或无棱,大小均匀,同一批次的香蕉,分别置于 35、45、55℃ 三个温度水中热处理 30min,取出后冷却晾干,然后去皮切成 1cm 厚的香蕉片,装入灭菌过的保鲜盒中并用 PE 保鲜膜封装,置于 4℃ 冷库中贮藏,以未经过处理的香蕉为对照,每天分别测定各项指标,每个指标重复测定 3 次。

1.2.2 颜色饱和度及亮度的测定 取不同处理条件下的香蕉片利用色差计分别测量样品的 L^* 值、 a^* 值和 b^* 值。每个样品测定 3 次。颜色饱和度 C^* 按公式计算: $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

1.2.3 失重率的测定 失重率采用称量法测定,每个样品重复称量 3 次,取其平均值。失重率(%) = (鲜切香蕉贮藏前质量 - 鲜切香蕉贮藏后质量) / 鲜切香蕉贮藏前质量 × 100

1.2.4 丙二醛(MDA)含量的测定 参考 Tassadit Djoua 等^[6]的方法,略作修改。MDA 作为硫代巴比妥酸实验过氧化反应的最终产物。取 5g 样品组织加入 10mL 10.0% TCA 溶液(由三氯乙酸配置而成)。匀浆,于 12000r/min, 4℃ 下离心 20min,取 2mL 提取液加 2mL 含 0.5% TBA(硫代巴比妥酸)的 TCA 溶液混匀,置于 95℃ 的热水中加热 15min 后,迅速取出并用冰水冷却,然后使用紫外分光光度计分别于 532nm 和 600nm 处测其吸光值,重复 3 次。MDA 的计算公式如下: MDA 含量 ($\mu\text{mol/g FW}$) = $6.45 \times (\text{OD}_{532} - \text{OD}_{600})$ 。

1.2.5 相关酶活性测定 酶提取液的制备:取 5g 香蕉片组织,加入 0.1g 聚乙烯吡咯烷酮,再加入 20mL 0.2mol/L pH6.4 磷酸缓冲液于匀浆管中匀浆,于 4℃ 下 12000 × g 离心 20min,取上清液低温保存备用。

多酚氧化酶 PPO 活性测定参照 Galeazzi 等^[7]的方法,加以改进:反应系统:取 3mL 0.5mol/L 邻苯二酚溶液(用 0.2mol/L, pH6.4 的磷酸缓冲液配成)于石英比色皿中,加 0.5mL 酶液,加盖迅速混匀 5s 后开始扫描 10s 内 398nm 吸光值的变化,以邻苯二酚溶液调零。结果以 $\Delta\text{OD}_{398\text{nm}} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 表示。重复 3 次。

过氧化物酶 POD 活性测定参照 Putter^[8]的方法加以改进。反应系统:在 2mL 0.05% 愈创木酚溶液(用 0.2mol/L, pH6.4 的磷酸缓冲液配成)中,加 0.5mL 酶液,于 30℃ 水浴中保温 5min,再加入 1mL 0.08% H_2O_2 溶液后扫描 1min 内 460nm 下吸光值的变化。以去离子水调零。结果以 $\Delta\text{OD}_{460\text{nm}} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 表示。重复 3 次。

1.2.6 总酚含量的测定 采用 Folin-Ciocalteu 法比色。参考 Alok Saxena 等^[9]的方法,加以修改。总酚含量以 100g 没食子酸含量表示。取 5g 样品组织,加入 20mL 甲醇溶液匀浆后于 12000r/min, 4℃ 下离心 20min,取 1mL 提取液于 25mL 的容量瓶中,加入 1mL

福林酚溶液后震荡,再加入 10mL 7.0% 碳酸钠溶液,最后用去离子水定容到 25mL。室温放置 90min 后以甲醇调零,采用紫外分光光度计于 750nm 处测定其吸光值。重复 3 次。

标准曲线的绘制:分别取配制好的 0、10、20、30、40、50mg/L 的没食子酸溶液 1mL,加入 2mL 去离子水,0.5mL 福林酚试剂和 1.5mL 10.0% 碳酸钠溶液,混匀后于室温反应 2h 后使用紫外分光光度计于 750nm 处测其吸光值,结果用 mg(没食子酸)/100g(样品)表示。

1.3 数据统计分析

采用 Microsoft Office Excel 2007 版软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同温度热处理对鲜切香蕉颜色饱和度及亮度的影响

热处理对鲜切香蕉颜色饱和度及亮度的影响见图 1a 和图 1b。 L^* 值被视为在贮藏过程中由于酶促褐变或是色素聚集引起的表层变暗的一个指标性参数。 L^* 值越低,表示褐变程度越严重。 C^* 值代表颜色饱和度,即颜色的纯度,纯度越高,颜色表现越鲜明,纯度较低,颜色表现则较黯淡。从图 1a 可以看出,在 10d 的贮藏期间, L^* 值呈下降趋势。第 0~3d 时下降较快,第 4~10d 趋于平缓。总体来看各处理组 L^* 值均高于未经加热处理过的对照组,其中在第 0~2d 时以 35℃ 处理效果最好,第 3~7d 以 45℃ 处理效果最好。第 7d 以后,35℃ 处理组与 45℃ 处理组效果相近。鲜切香蕉的 C^* 值变化见图 1b,随着贮藏时间的延长, C^* 值逐渐下降,其中 55℃ 处理组总体低于对照组,45℃ 处理组总体高于对照组,第 0~3d 时 35℃ 处理组低于对照组,第 3d 以后整体高于对照组,但效果没有 45℃ 好。综合 L^* 值和 C^* 值分析,35℃ 和 45℃ 热处理对鲜切香蕉的褐变有一定的抑制作用,其中以 45℃ 处理的效果最好。

2.2 不同温度热处理对鲜切香蕉失重率的影响

不同温度热处理对鲜切香蕉贮藏期间失重率的影响见图 2,随着贮藏时间的延长鲜切香蕉失重率逐渐增加,呈直线上升趋势,同时各处理组失重率均低于对照组,其中以 45℃ 处理组的失重率最低,其次是 55℃,最后是 35℃。说明 45℃ 热处理能够很好地抑制鲜切香蕉失重率的下降。

2.3 不同温度热处理对鲜切香蕉丙二醛(MDA)含量的影响

MDA 是膜脂过氧化的产物,可导致膜渗漏,使原本区域化的酚与底物接触而发生酶促褐变^[10]。MDA 从膜上产生的位置释放后,可以与蛋白质、核酸反应,从而丧失功能,还可使纤维素分子间的桥键松弛,或抑制蛋白质的合成。因此,MDA 的积累可能对膜和细胞造成一定的伤害。从图 3 可知,各处理组 MDA 含量均低于对照,说明热处理可以抑制鲜切香蕉丙二醛含量的生成,能够保护细胞膜发生膜脂过氧化作用。第 0~4d 时各处理组 MDA 含量均低于对照组,且 45℃ 处理组 MDA 含量最低。第 5~7d 时各

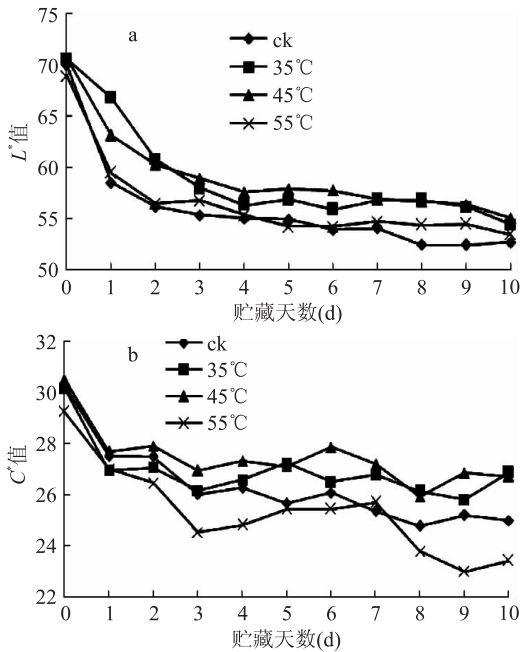


图1 不同温度热处理对鲜切香蕉颜色亮度(a)及饱和度(b)的影响

Fig.1 Effect of different temperatures of heat treatment on the fresh-cut banana color brightness (a) and saturation (b)

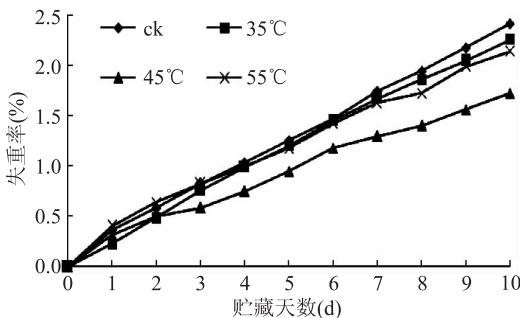


图2 不同温度热处理对鲜切香蕉失重率的影响

Fig.2 Effect of different temperatures of heat treatment on the fresh-cut banana weightlessness rate

处理组 MDA 含量均低于对照组, 55°C 处理组 MDA 含量最低。第 7d 以后以 45°C 处理组 MDA 含量最低, 差异显著 ($p < 0.05$), 35°C 和 55°C 处理组 MDA 含量接近。总体来说以 45°C 处理组 MDA 含量较低。即 45°C 处理组能够很好地抑制细胞膜脂过氧化作用, 保护细胞免受伤害。

2.4 不同温度热处理对鲜切香蕉 PPO 及 POD 活性的影响

国内外学者一致认为果蔬的酶促褐变, 主要是由多酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, PPO) 在有氧条件下将酚类物质氧化为醌, 醌再进一步脱水、聚合, 最后形成褐色物质的过程。在大多数情况下, 由于 PPO 的作用, 不仅严重损害果蔬产品的感官品质和市场价值, 还对产品的营养价值有着极大的破坏作用^[11]。POD 参与鲜切水果的褐变主要是由于多酚氧化酶的存在可进一步促进 POD 调节的褐变反应, 其催化反应的机制是由于多酚氧化酶在氧化酚类化学

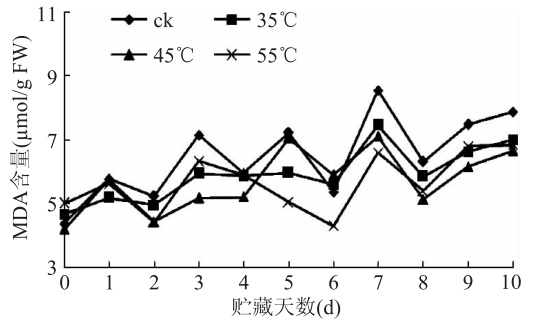


图3 不同温度热处理对鲜切香蕉 MDA 含量的影响
Fig.3 Effects of different temperatures of heat treatment on the fresh-cut banana MDA content

物过程中生成醌和 H_2O_2 , 醌可进一步作为 POD 反应的底物, 而且 POD 在 H_2O_2 存在条件下能迅速氧化多酚物质, 与 PPO 协同作用引起鲜切水果产品发生褐变^[12]。由图 4a 可以看出, 在第 0~4d 时 55°C 处理组 PPO 活性较高, 45°C 处理组 PPO 活性最低, 差异极显著 ($p < 0.01$)。第 4d 以后, 45°C 处理组 PPO 活性一直处于最低, 35°C 和 55°C PPO 活性较高。但整个贮藏期间各处理组的 PPO 活性均低于对照组, 其中 35°C 处理组差异显著 ($p < 0.05$), 45°C 处理组差异极显著 ($p < 0.01$), 说明热处理可抑制鲜切香蕉 PPO 酶的活性, 45°C 处理效果最好。由图 4b 看出, 在贮藏过程中各组鲜切香蕉 POD 活性均呈先上升后下降再缓慢上升的趋势。前 6d 时, 55°C 处理组 POD 活性高于对照组, 第 6d 后略低于对照。35°C 和 45°C 处理组 POD 活性在整个贮藏期均略低于对照组, 45°C 处理组差异显著 ($p < 0.05$)。说明热处理可以一定程度地抑制 POD 酶的活性, 其中以 45°C 处理组抑制作用最好。

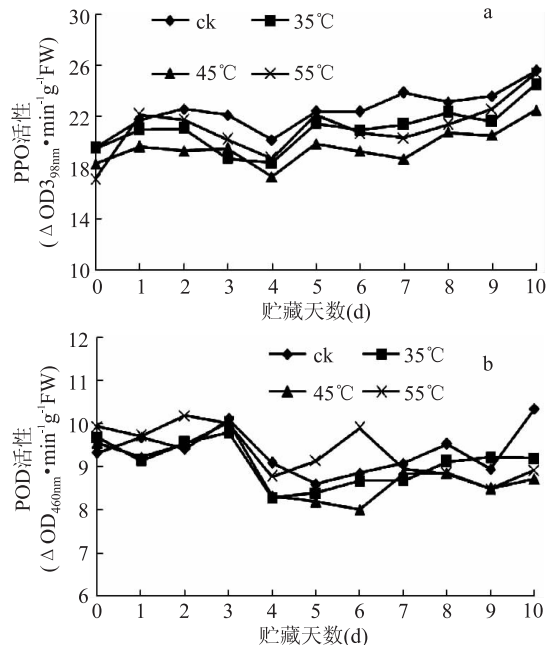


图4 不同温度热处理对 PPO(a) 和 POD(b) 活性的影响
Fig.4 Effect of different temperatures of heat treatment on the fresh-cut banana PPO activity (a) and POD activity (b)

2.5 不同温度热处理对鲜切香蕉总酚含量的影响

高含量的酚类物质和高活性的 PPO 是酶促褐变

的前提条件^[13]。作为香蕉的重要次生代谢产物,总酚与香蕉的组织褐变、色泽发育、品质和风味形成、成熟衰老过程、抗逆性和抗病性等质量指标密切相关。由图5可见,在第0~3d时各组样品总酚含量迅速升高,各处理组中总酚含量均低于对照组,其中最低的是45℃处理组,其次是55℃。当总酚含量上升到第3d时达到最大值,这可能是由于在处理过程中香蕉本身受到伤害使组织细胞产生了酚类等次级代谢产物,在伤口及其临近部位积聚,随后又逐渐迅速降低,说明总酚是香蕉发生褐变的重要底物。第4d时各组样品总酚含量均迅速下降,且各处理组均低于对照组。第4d后35℃处理组和45℃处理组总酚含量变化不大。55℃处理组总酚含量上升到第6d时高于对照,之后下降并低于对照。总体来看各处理组的总酚含量均低于对照组,且由图4a得到各处理组PPO活性均低于对照,从而说明热处理可以抑制鲜切香蕉发生酶促褐变。其中以45℃处理效果最佳,且差异显著($p < 0.05$)。

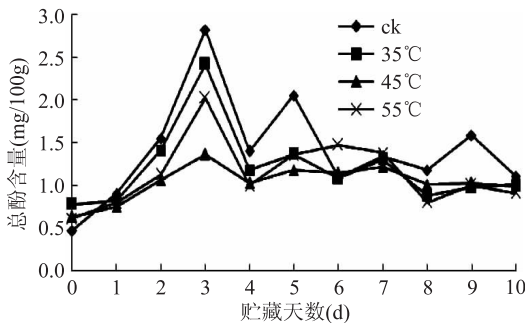


图5 不同温度热处理对鲜切香蕉总酚含量的影响
Fig.5 Effect of different temperatures of heat treatment on the fresh-cut banana total phenol content

3 结论

鲜切香蕉的商品价值主要取决于香蕉白亮的颜色及香甜的口感,香蕉在贮藏一段时间后,极易发生褐变,直接影响外观及消费者的购买欲。因此,鲜切香蕉的保鲜主要集中于抑制褐变的研究。本研究通过对鲜切香蕉进行热处理得出以下结论:

采用35、45、55℃热处理香蕉30min,在香蕉贮藏过程中,各处理组均维持了鲜切香蕉的亮度,延缓失重率的下降。在香蕉贮藏期间还控制了香蕉MDA和总酚的含量,防止细胞膜发生过氧化作用,减轻了细胞组织损伤。同时,热处理能够一定程度地抑制

多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性,从而抑制了鲜切香蕉褐变的发生,有利于保持鲜切香蕉的色泽品质。其中以45℃热处理抑制鲜切香蕉褐变的效果最好,其次是35℃处理的,55℃处理抗褐变的能力最低。由此说明,适宜的处理温度对于提高鲜切香蕉的抗褐变能力效果很重要。

参考文献

- [1]解明明,柯佑鹏.我国香蕉深加工问题探讨[J].热带农业科学,2013,33(3):75-86.
- [2]李胤楠,刘程惠,胡文忠,等.柠檬酸处理对鲜切香蕉褐变的研究[J].食品工业科技,2013,34(16):304-307.
- [3]田密霞,胡文忠,姜爱丽,等.不同温度热水处理对鲜切皇冠梨生理生化的影响[J].食品工业科技,2008,29(8):261-263,267.
- [4]樊志勇,徐青艳,朱瑞倩,等.热烫条件对香蕉浆褐变的影响[J].食品工业科技,2013,34(16):318-322.
- [5]陈会燕,冯志宏,陈嘉,等.热处理对鲜切菠萝贮藏品质的影响[J].农产品加工学刊,2010,(9):66-68.
- [6] Tassadit Djioua, Florence Charles. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica* L.) by hot water treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 2009(52): 221-226.
- [7] Galeazzi M A, Sgarbieri V C, Constantinides SM. Isolation, purification and physicochemical characterization of polyphenoloxidases (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii* L.) [J]. Journal of Food Science, 1981(46): 150-155.
- [8] Putter J. Methods of Enzymatic Analysis, Vo.12 [M]. New York:Academy Press,1974:685-689.
- [9] Saxena A, Bawa AS, Raju PS. Phytochemical changes in fresh-cut jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs during modified atmosphere storage[J]. Food Chemistry, 2009,115(4): 1443-1449.
- [10] 陈双,胡文忠,刘程惠,等.鲜切果蔬酶促褐变发生机理的研究[J].食品工业科技,2010,31(1):74-78.
- [11] 柳素洁,杜金华,单玲克,等.香蕉中多酚氧化酶性质及褐变控制[J].食品与发酵工业,2012,38(2):126-130.
- [12] 鲁莉莎,乔勇进,王海宏.热处理对鲜切生菜品质的影响[J].四川农业大学学报,2010,28(3):333-338.
- [13] 袁江,张绍玲,曹玉芬,等.梨果实酚类物质与酶促褐变底物的研究[J].园艺学报,2011,38(1):7-14.

(上接第331页)

- [16] 韩志,谢晶,徐世琼.真空预冷技术在果蔬保鲜体系中的应用[J].冷藏技术,2005(3):6-9.
- [17] 杨寿发,徐锡春.实施产地预冷完善鲜食葡萄低温物流冷链[J].中外葡萄与葡萄酒,2011(3):47-50.
- [18] 郑亚男,胡文忠,姜爱丽,等.鲜切果蔬对机械伤害的响应及其调控的研究进展[J].食品工业科技,2012,(15): 380-385.
- [19] 郁志芳,夏志华,陆兆新.鲜切甘薯酶促褐变机理的研究[J].食品科学,2005,26(5):54-59.
- [20] 魏万权,林仕梅.水产养殖中溶解氧的研究[J].饲料工

业,2007,28(16):20-23.

- [21] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会.水和废水监测分析方法(第四版)(M).北京:中国环境科学出版社,2002.12.
- [22] 阮文疏,刘宝林,宋晓燕.荔枝的冷却方式选择[J].食品工业科技,2012,33(11):352-353,362.
- [23] 吕盛坪,吕恩利,陆华忠,等.不同预冷方式对荔枝贮藏品质的影响[J].现代食品科技,2014,30(3):157-162
- [24] 刘芳, Sherri D. Clark, 周水洪,等.易腐品冷链百科全书(第二版)[M].上海:东华大学出版社,2011.9.