

# 不同解冻方法对液浸速冻荔枝品质的影响

陈宏运<sup>1</sup>, 伍志权<sup>2</sup>, 何鑫平<sup>1</sup>, 梁岩<sup>1,3,\*</sup>

(1.中国科学院深圳先进技术研究院, 广东 深圳 518055; 2.佛山市中南农业科技有限公司, 广东 佛山 528226; 3.广州中国科学院先进技术研究所, 广东 广州 511458)

**摘要:**采用实际生产和家庭消费者食用时常用的解冻方法,包括空气解冻、水浴解冻、冷藏解冻和微波解冻,对液浸速冻荔枝进行解冻操作。分别从解冻时间、汁液流失率等表现指标权衡解冻效率和解冻质量,并分析对荔枝果皮、果肉特征理化指标及营养成分的影响。结果表明,不同解冻方法对液浸速冻荔枝品质影响大小排序为水浴解冻>空气解冻>冷藏解冻>微波解冻。微波解冻方法除了对荔枝果皮花色素苷和果肉V<sub>C</sub>含量的保存有些影响之外,在解冻时间、汁液流失率、感官评价、果肉总可溶性固形物、游离氨基酸成分等方面整体表现良好,是液浸速冻荔枝实际生产和消费者食用时合适的解冻方法。

**关键词:**液浸速冻;荔枝;微波解冻;汁液流失率;营养品质

## Effects of Different Thawing Methods on Quality Characteristics of Immersion-frozen Litchi

CHEN Hong-yun<sup>1</sup>, WU Zhi-quan<sup>2</sup>, HE Xin-ping<sup>1</sup>, LIANG Yan<sup>1,3,\*</sup>

(1. Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055, Guangdong, China; 2. Foshan Zhongnan Agriculture & Technology Co., Ltd., Foshan 528226, Guangdong, China; 3. Guangzhou Institute of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 511458, Guangdong, China)

**Abstract:** Thawing methods commonly applied in production and consumption of frozen litchi, including an air thawing, water bath thawing, refrigerator thawing and microwave thawing were compared. Parameters of thawing time and drip loss indicating thawing quality and efficiency were measured to assess litchi peel, pulp characteristic physical and chemical properties and nutrient contents. The results demonstrated that different methods of showed different thawing quality, and the sequence from greater to lower influence level was: water bath thawing > air thawing > refrigerator thawing > microwave thawing. Microwave thawing method although had some impact on the preservation of litchi fruit anthocyanins and V<sub>C</sub> content, it showed an overall a better performance in thawing time, drip loss, sensory evaluation, pulp total soluble solids and free amino acid composition. Therefore, microwave thawing method was the suitable thawing method for immersion-frozen litchi.

**Key words:** immersion-frozen; litchi; microwave thawing; drip loss; nutritional quality

荔枝是无患子科荔枝属植物<sup>[1]</sup>,我国的广东、广西、福建、海南、台湾等地区具有得天独厚的地理、气候条件,是世界的荔枝主产区,产量占世界荔枝产量的80%以上。其果皮鲜红或紫红,果肉半透明凝脂状,肉嫩甘甜多汁,清香爽口,色、香、味俱佳,但不耐储藏。

基金项目:佛山市院市合作项目(科技创新项目)(2013HK100042)

作者简介:陈宏运(1984—),男(汉),工程师,硕士,主要从事植物农产品、发酵工程深加工产品的开发研究。

\*通信作者:梁岩(1968—),女(汉),研究员,博士,主要从事食品/环境微生物,饮用水消毒副产物的研究。

冷冻保藏是目前对新鲜荔枝采收后的主要采用的保藏方式之一<sup>[1]</sup>。液浸速冻技术是目前快速冷冻技术中比较具有产业化前景的技术,采用经预处理并包装好的荔枝直接放入液浸式速冻机进行快速冻结,使荔枝极快速通过最大冰晶区,结合冻藏,以最大限度地保持新鲜荔枝色、香、味、质地、营养等天然风味,大幅度延长保鲜期<sup>[2-3]</sup>。

速冻荔枝在食用或进行深加工之前一般要进行解冻。解冻是冻结的逆过程,解冻过程中发生的各种物理、化学变化会给食品品质带来无法恢复的不良影响。

响,如色泽变化、汁液流失等等<sup>[4]</sup>。相关研究显示,冻结速度越快,其解冻后的质量越好,汁液流失越少<sup>[5]</sup>。然而,解冻速率和解冻方式等因素对解冻过程中的细胞形态、化学成分变化及解冻后的产品质量都有影响<sup>[5]</sup>。解冻的一般要求<sup>[6]</sup>有:1)解冻的均一性;2)抑制微生物的繁殖生长;3)解冻终温要控制在0℃~5℃之间;4)解冻速度尽可能地快,尽量减少干耗和汁液流失率;5)解冻结束后,应将食品立即放在0℃左右的温度下冷藏或及时加工;6)解冻后的食品尽量迅速加工或食用,不宜久放。因此,采用合适的解冻方法达到最大程度地保证速冻荔枝的质量很有必要<sup>[7]</sup>。目前尚未有探讨不同解冻方法对液浸速冻荔枝品质的影响研究报道。

本研究以液浸速冻荔枝为原料,采用实际生产和家庭消费者食用时常用的解冻方法,包括空气解冻、水浴解冻、冷藏解冻和微波解冻,对速冻荔枝进行解冻操作。分别从解冻时间、汁液流失率等表观指标权衡解冻效率和解冻质量,并分析对荔枝果皮、果肉特征理化指标及营养成分的影响。为实际生产和消费者食用确定合适的解冻方法提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

原料:液浸速冻荔枝样品由深圳市中科台富科技有限公司提供,保鲜加工冻藏日期(2014年7月4日),-18℃冻库储存;

试验试剂:抗坏血酸、过氧化氢溶液、2,6-二氯酚钠盐均购自上海晶纯生化科技股份有限公司(阿拉丁品牌);甲醇、乙醇、草酸、氢氧化钠均购自上海凌峰化学试剂有限公司;柠檬酸、磷酸氢二钠购自天津市致远化学试剂有限公司;盐酸购自东莞市东江化学试剂有限公司,氯化钾购自广州化学试剂厂,甲醛购自成都市科龙化工试剂厂;均为分析纯级。

### 1.2 主要仪器设备

BK 8806A 多功能记录温度计:贝克莱斯股份有限公司生产;P70T20TP-C6(W0)微波炉:广东格兰仕微波炉电器制造有限公司生产;BCD-186KB 海尔冰箱:青岛海尔股份有限公司生产;WAY-2W 阿贝折射仪:上海申光仪器仪表有限公司生产;SHP-150 生化培养箱:上海森信实验仪器有限公司生产;UV-6100 紫外可见分光光度计:上海元析仪器有限公司;SKG HR-3001B 多功能食物搅拌机:佛山艾诗凯奇电气有限公司生产;AR224CN 电子天平:奥豪斯仪器(上海)有限公司生产;PB-10 酸度计:德国赛多利斯集团生产;RCT basic 电磁搅拌机:艾卡(广州)仪器设备有限公司生产。

## 1.3 方法

### 1.3.1 速冻荔枝解冻处理方法

#### 1.3.1.1 恒温空气解冻(AT)

托盘盛放约200g速冻荔枝(密封袋真空包装),放入生化培养箱中,于(20±0.1)℃解冻操作,至荔枝果中心温度到达0℃。记录解冻时间,并随后进行感官分析,将解冻后荔枝放入冰箱冷冻层中冻藏待用。

#### 1.3.1.2 恒温水浴解冻(WT)

约200g速冻荔枝(密封袋真空包装),放入恒温水浴槽中,外套自封袋,于(20±0.5)℃解冻操作,至荔枝果中心温度到达0℃。解冻后处理同空气解冻。

#### 1.3.1.3 恒温冷藏解冻(RT)

托盘盛放约200g速冻荔枝(密封袋真空包装),放入冰箱冷藏柜中,于(4±0.1)℃解冻操作,至荔枝果中心温度到达0℃。解冻后处理同空气解冻。

#### 1.3.1.4 微波解冻(MT)

托盘盛放约200g速冻荔枝(密封袋真空包装),放入微波炉中,“解冻”档位解冻操作,至荔枝果中心温度到达0℃。解冻后处理同空气解冻。

### 1.3.2 测定方法

#### 1.3.2.1 解冻表观特征

解冻时间:采用多功能记录温度计定时记录解冻过程温度变化,并由此得出解冻时间。

汁液流失率:取不同处理的荔枝,解冻前称净重 $W_0$ (净重参考GB/T 10471-2008《速冻水果和蔬菜净重测定方法》),解冻后小心剥去果皮,将果实放在滤纸上,让汁液自然流出,5 min后滤纸吸干果皮及果肉表面的水分,称重 $W_1$ ,计算汁液流失率。每个处理重复3次,取平均值。汁液流失率/%=100×( $W_0-W_1$ )/ $W_0$ 。

感官评价:取不同解冻处理的荔枝,解冻后放置25℃左右室温环境0.5 h。由10名专业评价员组成评价小组,每处理随机抽取5个果实,根据表1评分标准,从色泽、硬度、香气、嚼感和味感5方面评价荔枝感官品质,取其各单项平均值做雷达图综合评价。

#### 1.3.2.2 果皮花色素苷、总酚和类黄酮类物质

参考Wrolstad等<sup>[8]</sup>的方法,并作适当修改。称取低温研磨的果皮1g,用1%盐酸-甲醇溶液室温静置浸提2 h,过滤,定容至100 mL,取1 mL浸提液,分别用0.4 mol/L pH1.0 KCl-HCl缓冲液和0.4 mol/L pH5.0 柠檬酸-磷酸氢二钠缓冲液稀释至5 mL,混匀后,以蒸馏水为对照,在510 nm下测定光密度值(A)。重复3次。果皮花色素苷含量(mg/g FW)= $\Delta A \times k \times 0.1 \times 1\ 000 \times 445.2 / (29\ 600 \times m)$ ,其中: $\Delta A = A_{\text{pH}1.0} - A_{\text{pH}5.0}$ ;式中: $A_{\text{pH}1.0}$ 、 $A_{\text{pH}5.0}$ 分别为不同缓冲液稀释样品的光密度值;k为稀

表 1 荔枝感官评分标准  
Table 1 Sensory evaluation standards of litchi

项目	分数				
	5	4	3	2	1
色泽	特有色泽,无褐变	少量,轻微褐变	果实 30 %褐变	果实 60 %褐变,暗淡	90 %褐变无光泽
硬度	硬度很好,轻按无变形	轻按几乎无变形	轻按变形,恢复较快	轻按变形,恢复慢	轻按变形大,难恢复
香气	荔枝特有浓郁清香	荔枝香气较浓	荔枝香气较淡	荔枝香气不明显	有异味或酒精味
嚼感	饱满有弹性,细腻多汁	细腻多汁,有一定弹性	多汁,无弹性	肉质软,带纤维感	纤维感强,肉质软烂
味感	酸甜可口,带荔枝香味	酸甜适中,甜味较多	酸味淡,甜味较多	甜味淡,略带异味	有腐败等,不良味道

释倍数;29 600 为矢车菊素-3-葡萄糖苷的摩尔比吸收系数(/mol×cm);*m* 为果皮鲜重(g)。另取 1 mL 提取液,稀释 20 倍,在 280 nm(总酚)和 325 nm(类黄酮)处分别测定吸光值,直接以  $A_{280\text{nm}}/g$  表示总酚含量,以  $A_{325\text{nm}}/g$  表示类黄酮含量。重复 3 次。

1.3.2.3 果肉品质理化指标

总可溶性固形物(TSS)检测参考 GB/T 12143-2008《饮料通用分析方法》方法。pH 检测参考 GB/T 10468-1989《水果和蔬菜产品 pH 值的测定方法》方法。可滴定酸(TA)检测参考 ISO 750-1998《水果和蔬菜制品 可滴定酸度的测定》方法。抗坏血酸( $V_C$ )含量检测参考 GB/T 6195-1986《水果、蔬菜维生素 C 含量测定法(2,6-二氯酚磺酞法)》方法。氨基态氮含量检测参考国标 GB/T 12143-2008《饮料通用分析方法》方法。

1.4 数据处理

试验数据均以平均值表示,采用 Excel 和 SPSS 软件进行数据处理。

2 结果与讨论

2.1 不同解冻方法对表观特征的影响

解冻时间和汁液流失率是衡量解冻方法效率的重要指标。解冻时间对解冻后品质以及解冻方法实际应用有很大的关系;汁液流失率可表征速冻样品的持水能力,反映冷冻样品的风味和营养物质的保存情况。空气解冻、水浴解冻、冷藏解冻、微波解冻处理后,液浸速冻荔枝的解冻时间和汁液流失率见图 1。

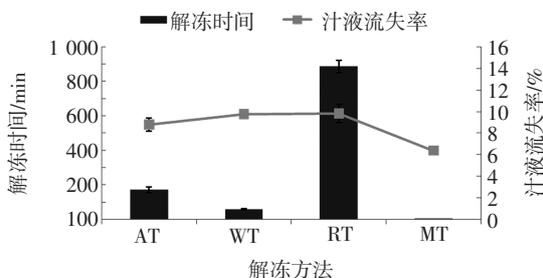


图 1 不同解冻方法对液浸速冻荔枝的解冻时间和汁液流失率的影响  
Fig.1 Thawing time and drip loss of immersion-frozen litchi treated by different methods

由图 1 可知,微波解冻荔枝时间最短,仅需 3.25 min;其他 3 种方法解冻所需时间大小顺序为水浴解冻<空气解冻<冷藏解冻,解冻时间分别是微波解冻时间的 18、53、273 倍。从汁液流失率指标比较,微波解冻处理后汁液流失率最少,其他 3 种方法处理后汁液流失率大小顺序为空气解冻<水浴解冻<冷藏解冻,较之微波解冻相对增加 37.46 %~53.60 %,且可看出,汁液流失率的增加与解冻时间的增加趋势并不完全一致。

感官评价是体现消费者实际食用品鉴的最直接,最外在的的表观特征参数。经由不同解冻方法处理后荔枝的色泽、硬度、香气、嚼感和味感,经综合感官品评后结果见图 2。

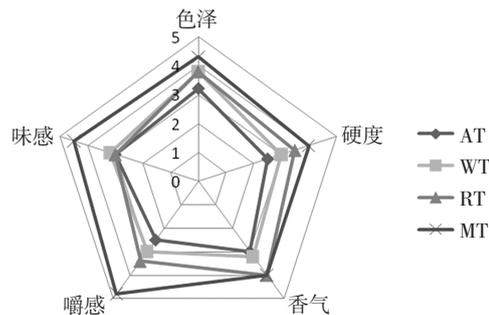


图 2 不同解冻方法对荔枝感官评价的影响  
Fig.2 Sensory evaluation of immersion-frozen litchi treated by different methods

由图 2 可知,微波解冻整体在各方面的综合评分都较之其他解冻方法高,依总分大小排序为空气解冻<水浴解冻<冷藏解冻<微波解冻。经微波解冻后荔枝在味感和嚼感上饱满多汁、酸甜可口,带荔枝特征香气。仅在表皮色泽上有轻微褐变。综上所述,微波解冻方法处理速冻荔枝所体现出来的表观特征结果相对较佳。

2.2 不同解冻方法对果皮品质特征的影响

荔枝果皮褐变是限制长期贮藏、导致货架寿命短和商品价值降低的主要因素。相关研究成果表明,花色素苷、酚类物质(包括部分花色素苷、类黄酮)含量与荔枝果皮褐变密切相关<sup>[9]</sup>。本研究考察不同解冻方法处理对荔枝果皮品质特征花色素苷、总酚及类黄酮含

量的影响。结果见图3和图4。

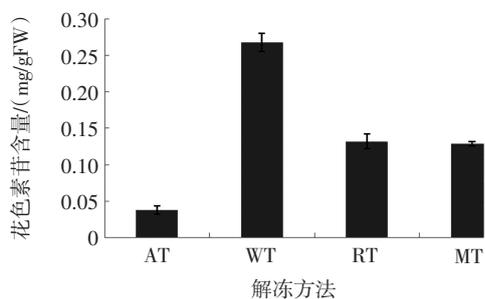


图3 不同解冻方法对速冻荔枝果皮花色素苷含量的影响

Fig.3 Anthocyanins of immersion-frozen litchi peel treated by different methods

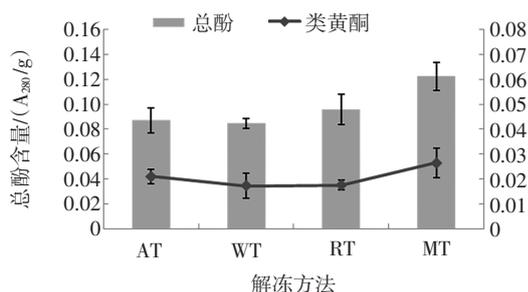


图4 不同解冻方法对速冻荔枝果皮总酚及类黄酮含量的影响

Fig.4 Phenols and flavonoids of immersion-frozen litchi peel treated by different methods

由图3和图4可知,荔枝果皮花色素苷在水浴解冻处理时含量最高,在空气解冻处理时含量最低,冷藏解冻与微波解冻时含量相差不大。而荔枝果皮总酚和类黄酮类物质的相对含量表征数据则显示,微波解冻时荔枝果皮中总酚和类黄酮类物质含量均最高,其他3种解冻方法含量区别不大。

### 2.3 不同解冻方法对果肉品质特征的影响

比较不同解冻方法得到荔枝果肉的总可溶性固形物含量。不同解冻方法处理荔枝果肉可溶性固形物含量结果见图5。

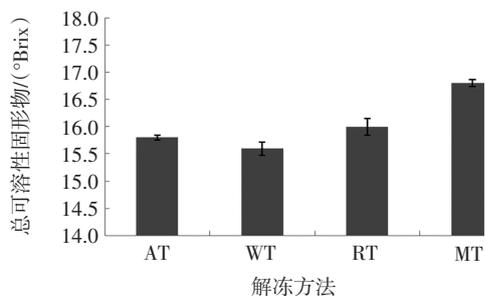


图5 不同解冻方法对速冻荔枝果肉总可溶性固形物的影响

Fig.5 Total soluble solids of immersion-frozen litchi peel treated by different methods

由图5可知,含量排序水浴解冻<空气解冻<冷藏解冻<微波解冻。其中微波解冻处理后总可溶性固形

物达到16.8°Brix,这与微波解冻处理时解冻时间短、汁液流失率低有很大的关系。

pH和可滴定酸度是荔枝果肉的基本理化指标。比较不同解冻方法处理荔枝果肉的pH和可滴定酸度结果见图6。

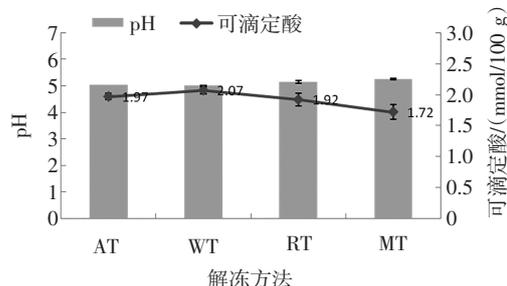


图6 不同解冻方法对荔枝果肉pH和可滴定酸度的影响

Fig.6 pH and titratable acidity of immersion-frozen litchi peel treated by different methods

由图6可知,微波解冻处理的荔枝果肉pH略高于其他解冻方法,相对可滴定酸也略低于其他解冻方法。不同解冻方法处理样品的pH趋势和可滴定酸趋势一致,整体上看,不同解冻方法对荔枝果肉pH和可滴定酸含量的影响不显著。

抗坏血酸含量是荔枝果肉重要的营养和抗氧化活性成分指标。比较不同解冻方法得到荔枝果肉的抗坏血酸(V<sub>C</sub>)含量见图7,含量排序水浴解冻>冷藏解冻>微波解冻>空气解冻。其中水浴解冻样品的V<sub>C</sub>含量为28.12 mg/100g,在4种解冻方法中最高。冷藏解冻、微波解冻、空气解冻样品的V<sub>C</sub>含量分别为23.02 mg/100g、21.24 mg/100g、19.98 mg/100g。微波解冻样品的V<sub>C</sub>含量略低于冷藏解冻,这可能是微波的热效应导致损失了一部分V<sub>C</sub>。

氨基态氮含量反映了荔枝果肉中游离氨基酸含量<sup>[9]</sup>,不同解冻方法处理荔枝果肉氨基态氮含量结果见图8。

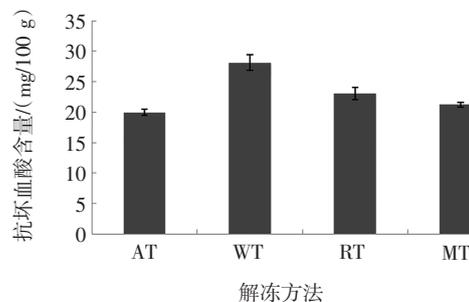


图7 不同解冻方法对速冻荔枝果肉抗坏血酸含量的影响

Fig.7 V<sub>C</sub> of immersion-frozen litchi peel treated by different methods

由图8可知,含量排序水浴解冻<空气解冻<冷藏解冻<微波解冻。水浴解冻较之微波解冻荔枝果肉中

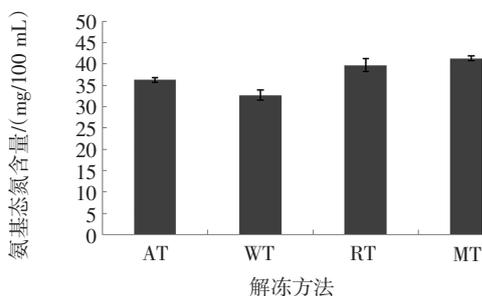


图8 不同解冻方法对速冻荔枝果肉氨基态氮含量的影响

Fig.8 Amino nitrogen of immersion-frozen litchi peel treated by different methods

氨基态氮含量降低的最多,达到 20.90 %。

### 2.4 分析与讨论

综合比较不同解冻方法对荔枝各项指标的影响可以看出,微波解冻在大多数指标中排在第1位,仅有2项指标(花色苷和V<sub>c</sub>含量)排名靠后。因此,就本研究结果综合而言,微波解冻方法是液浸速冻荔枝实际生产和消费者食用时合适的解冻方法。而且,经观察可知,果皮花色苷含量和果肉V<sub>c</sub>含量呈现一致的排序趋势。相关研究显示荔枝果实的抗坏血酸代谢与果实的衰老和褐变有显著相关<sup>[10]</sup>,因此本结果也符合该研究结论。此外,果肉中可溶性固形物(TSS)、游离氨基酸(氨基态氮)指标等与感官评分排序趋势皆呈现了一致性。氨基酸是果实品质的组成成分之一,并参与果实其他品质特征成分和风味物质的合成<sup>[11]</sup>。桂味荔枝果实中含有丰富的药效氨基酸和必需氨基酸,具独特的营养保健价值<sup>[12]</sup>。同时,荔枝果实含有丰富的鲜味氨基酸和甜味氨基酸以及少量的芳香族氨基酸<sup>[13]</sup>。因此,不同解冻方法处理的口感、风味以及营养价值有明显的不同,其趋势与感官品评结果一致。

### 3 结论

本研究以液浸速冻荔枝为原料,采用实际生产和家庭消费者食用时常用的解冻方法,包括空气解冻、水浴解冻、冷藏解冻和微波解冻,对速冻荔枝进行解冻操作。分别从解冻时间、汁液流失率、感官评价等表观指标权衡解冻效率和解冻质量,并分析对荔枝果

皮、果肉特征理化指标及营养成分的影响。从试验研究结果可以得出如下结论:整体而言,不同解冻方法对液浸速冻荔枝品质影响大小排序为水浴解冻>空气解冻>冷藏解冻>微波解冻。微波解冻方法除了对荔枝果皮花色苷和果肉V<sub>c</sub>含量的保存有些影响之外,在解冻时间、汁液流失率、感官评价、果肉总可溶性固形物、游离氨基酸成分等方面整体表现良好,是液浸速冻荔枝实际生产和消费者食用时合适的解冻方法。

### 参考文献:

- [1] 蔡长河,欧良喜,陈洁珍,等. 速冻荔枝果肉冻藏期间营养成分及色泽的变化研究[J]. 现代食品科技,2012(11):1434-1436
- [2] 尤仲景. 产业化大量储存新鲜荔枝果实冷冻保鲜方法. CN102210341[P]. 2011-10-12
- [3] 杨公明,梁东武,余铭,等. 利用液浸超速冷冻保鲜荔枝的方法.: CN102144656A[P]. 2011-08-10
- [4] 张素文.玻璃态下冻结、冻藏及其后续解冻对西兰花品质的影响研究[D]. 无锡:江南大学,2007
- [5] 郭忠春.‘桂味’荔枝果实速冻保藏研究[D]. 北京:中国农业大学,2004
- [6] 关志强,李敏. 食品冷冻冷藏原理与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2010:270-271
- [7] 张珂,关志强,李敏,等. 解冻方法对冻藏肉类食品品质影响的研究进展[J]. 肉类研究,2014(8):24-29
- [8] Wrolstad R E,Culbertson J D,Cornwell C J,et al. Detection of adulteration in blackberry juice concentrates and wines [J]. J Assoc Off Anal Chem,1982,65(6):1417-1423
- [9] 徐玉娟,温靖,肖更生,等. 荔枝果汁贮藏过程中理化指标和营养成分的变化[J]. 食品与机械,2011(4):123-125
- [10] 王静博. 荔枝果实采后衰老与抗坏血酸代谢及矿质元素的关系 [D]. 广州:华南农业大学,2012
- [11] Keutgen A J,Pawelzik E. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity[J]. Food Chemistry,2008,111(3):642-647
- [12] 李国良,姚丽贤,何兆桓,等. 肥料运筹对荔枝生长、品质及产量的影响[J]. 热带作物学报,2011(1):15-20
- [13] 杨苞梅,姚丽贤,国彬,等. 不同品种荔枝果实游离氨基酸分析[J]. 食品科学,2011(16):249-252

收稿日期:2015-06-26