

谢国芳, 王佳佳, 谭景富, 等. 贮藏温度对金刺梨综合品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(5) : 1143-1149.  
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.05.028

## 贮藏温度对金刺梨综合品质的影响

谢国芳, 王佳佳, 谭景富, 曹森, 吉宁

(贵阳学院食品与制药工程学院, 贵州省果品加工工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550005)

**摘要:** 为寻找金刺梨鲜果适宜的贮藏温度, 以金刺梨鲜果为试材, 分装于带孔聚乙烯塑料盒中, 聚乙烯保鲜袋包装, 分别置于  $(1.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 、 $(5.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  和  $(9.0 \pm 0.5)^\circ\text{C}$  保鲜柜冷库中预冷 24 h, 再加入 1-MCP 保鲜剂 ( $1.0 \mu\text{L/L}$ ), 扎袋贮藏, 采用相关性分析和主成分分析方法对金刺梨鲜果贮藏品质指标进行综合评价。结果表明: 色泽  $a^*$  值和还原糖含量直接影响金刺梨鲜果的好果率, 可滴定酸含量和  $L^*$  值与鲜果硬度呈极显著正相关性, 可滴定酸含量和还原糖含量对 DPPH 自由基清除能力具有极显著的贡献; 通过主成分分析将 15 个理化指标简化为 6 个主成分, 累计方差贡献率达 86.496%, 能有效地反应大部分原始数据的信息; 不同贮藏温度下金刺梨鲜果贮藏品质综合得分顺序依次为  $1^\circ\text{C}$  处理  $> 5^\circ\text{C}$  处理  $> 9^\circ\text{C}$  处理。由此可见,  $1^\circ\text{C}$  贮藏更有利于金刺梨鲜果的贮藏保鲜。

**关键词:** 金刺梨; 贮藏温度; 品质; 综合评价

**中图分类号:** TS255.3      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-4440(2017)05-1143-07

## Quality of *Rosa sterilis* influenced by storage temperature

XIE Guo-fang, WANG Jia-jia, TAN Jing-fu, CAO Sen, JI Ning

(College of Food and Pharmaceutical Engineering, Guiyang University/Guizhou Engineering Research Center for Fruit Processing, Guiyang 550005, China)

**Abstract:** To look for the appropriate storage temperature of *Rosa sterilis*, the fruits were precooled at  $1.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ,  $5.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , and  $9.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$  for 24 h, respectively, before  $1.0 \mu\text{L/L}$  1-MCP were applied for storage. Comprehensive evaluation of fruit quality were performed by using correlation analysis and principal component analysis. The  $a^*$  value and reducing sugar content directly affect the marketable fruits rate. The content of titratable acid and  $L$  value showed a significantly positive correlation with hardness. The content of titratable acid and reducing sugar had significant contributions to scavenging capacity against DPPH free radical. The 15 physico-chemical indices were simplified as 6 principal components, with cumulative variance contribution rate up to 86.496%. The comprehensive scores of storage quality of *R. sterilis* at different temperatures followed the order of  $1^\circ\text{C} > 5^\circ\text{C} > 9^\circ\text{C}$ . Thus, storage at  $1^\circ\text{C}$  is more conducive to the preservation of *R. sterilis*.

**Key words:** *Rosa sterilis*; storage temperature; quality; comprehensive evaluation

收稿日期: 2016-10-13

基金项目: 贵州省自然科学基金项目[黔科合基础(2016)1007]; 国家自然科学基金项目(31601798); 国家级大学生创新创业训练计划项目(201510976022)

作者简介: 谢国芳(1987-), 男, 贵州思南人, 硕士, 副教授, 主要从事农产品贮藏与加工研究, (E-mail) xieguofang616@sina.com

金刺梨为蔷薇科无籽刺梨, 为贵州省特有种系。与刺梨相比, 金刺梨果实所含的糖分、维生素( $V_c$ 、 $V_E$ 、 $V_{B_1}$ 、 $V_{B_2}$ )及胡萝卜素、微量元素(Ca、Fe、Zn、Se等)和SOD(超氧化物歧化酶)等功效成分均更高, 鲜果的口感更佳, 香气更浓郁, 食之延年益寿, 是人

体营养、保健的优良选择,是具有极大开发利用价值的第三代野生果树<sup>[1-2]</sup>。近年来,金刺梨产业得到快速发展,种植面积接近  $1.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,  $4.3 \times 10^3 \text{ hm}^2$  进入盛果期,产量约  $4.5 \times 10^4 \text{ t}$ <sup>[3]</sup>。然而金刺梨集中上市,采后纤维化、失水萎蔫、腐烂及病害导致其失去食用价值和商品价值。

金刺梨是贵州省近年来才大规模种植的特有果树,与刺梨间的主要营养和理化成分存在一定差异<sup>[4-6]</sup>。许培振等<sup>[7]</sup>和林梓等<sup>[8]</sup>从包装处理和贮藏温度方面开展了保鲜效果研究,发现 PE 保鲜袋自发气调包装低温贮藏有利于维持金刺梨鲜果的贮藏品质。贮藏温度是影响果蔬贮藏品质的关键要素,适宜的贮藏温度不仅可以降低其自身代谢水平,维持较高的营养成分,还可以有效抑制微生物引起的腐烂,从而保持较好的营养品质和较高的商品价值<sup>[9-10]</sup>。然而,评价金刺梨鲜果贮藏品质的指标较多,且差异较大,因此,采用客观量化方法来综合评价不同贮藏温度下金刺梨鲜果的贮藏品质尤为关键。

本试验通过研究不同贮藏温度下金刺梨鲜果品质变化,采用主成分分析方法对各项理化指标进行降维、简化,得到金刺梨鲜果品质评价的主要因子,通过综合评分筛选出金刺梨鲜果的最佳贮藏温度。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

金刺梨鲜果 2015 年 9 月 28 日采摘于贵州省安顺市普定县金刺梨种植基地;1-甲基环丙烷(1-MCP),美国罗门哈斯公司产品;PE 袋,国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)产品。葡萄糖、还原型谷胱甘肽、抗坏血酸、3,5-二硝基水杨酸,上海阿拉丁生化科技股份有限公司(中国上海)产品;水溶性  $V_E$ (Trolox)、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH),美国 Sigma 公司产品。其他分析剂均为国产分析纯。

### 1.2 仪器与设备

6600  $O_2/CO_2$  顶空分析仪,美国 ILLINOIS 公司产品;CNX-103C 型乙烯测定仪,北京金洋万达科技有限公司产品;CR-400 色差仪,日本柯尼卡美能达有限公司产品;UV-2550 型紫外分光光度计,日本岛津公司产品;T920 全自动滴定仪,济南海能仪器股

份有限公司产品;TAXT plus 质构仪,英国 Stable Micro System 公司产品。

### 1.3 方 法

1.3.1 试验处理 金刺梨果实 8 成熟时采摘,采摘后立即运到贵州省果品加工工程技术研究中心果蔬贮藏与保鲜研究室,散去田间热,剔除机械伤和病虫害的果实,分装于带孔聚乙烯塑料盒内,每盒 ( $125 \pm 3$ ) g,再用 0.03 mm PE 保鲜袋包装,分别转入 ( $1.0 \pm 0.5$ )  $^{\circ}\text{C}$ 、( $5.0 \pm 0.5$ )  $^{\circ}\text{C}$  和 ( $9.0 \pm 0.5$ )  $^{\circ}\text{C}$  保鲜柜中预冷 24 h 后。根据装袋体积加入 1-MCP 保鲜剂( $1.0 \mu\text{l/L}$ ),扎袋贮藏。每个处理 3 个重复,每 15 d 测 1 次各项指标。

1.3.2 测定指标及方法 金刺梨鲜果出库后,分别统计每袋金刺梨果实的好果率,称质量,按公式计算:好果率(%) = (总果质量 - 腐烂果质量)  $\times$  100 / 总果质量。称取一定质量金刺梨鲜果,置于容积为 3.4 L 的密闭干燥器中,将罐口密封静置 1 h 后,采用便携式  $O_2/CO_2$  测定仪和乙烯测定仪测定其顶空  $CO_2$  和乙烯浓度,计算呼吸强度和乙烯释放速率<sup>[11]</sup>。果实硬度采用 TAXT plus 质构仪测定:取金刺梨鲜果,置于质构仪测试平板上,采用 P2 探头对金刺梨鲜果进行穿刺测试,测试参数为:测前速度 1 mm/s,测试速度 1 mm/s,测后上行速度 1 mm/s,测试距离 10 mm,触发力为 5 g;每重复取 15 个果实重复测试。金刺梨果实竖向切开后用色差仪测定其色泽  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值, $L^*$  代表亮度, $a^*$  代表红(+)或绿(-), $b^*$  代表黄(+)或蓝(-)。可滴定酸含量测定:参照 GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定方法》,以柠檬酸计。还原糖含量测定:采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)方法,以鲜样中所含葡萄糖的百分比(%)表示<sup>[12]</sup>。粗纤维素含量测定参照缪颖等<sup>[13]</sup>的中性洗涤法测定,以鲜样中所含粗纤维百分比(%)表示。抗坏血酸含量测定采用比色法,以 100 g 鲜样中所含抗坏血酸质量(mg)表示<sup>[11]</sup>。谷胱甘肽含量参照姜爱丽等<sup>[14]</sup>方法测定,以 100 g 鲜样中所含还原型谷胱甘肽质量(mg)表示。过氧化物酶(POD)活性采用比色法测定,吸光值每变化 0.001 为 1 个酶活性单位,结果以 1 g 果肉 1 min 在 470 nm 下酶活性单位(U)表示<sup>[12]</sup>。多酚氧化酶(PPO)活性参照曹建康等<sup>[15]</sup>的方法测定,吸光值每变化 0.001 为 1 个酶活性单位,结果以 1 g 果肉 1 min 在 420 nm 下酶活性单位(U)来表示。DPPH 自由基清除能力测定

参照 Tauchen 等<sup>[16]</sup>的方法,以 1 g 鲜样中所含 Trolox 量 (mmol) 表示。

#### 1.4 数据处理

采用 3 重复的随机组合设计,测定结果采用 Microsoft Excel 软件进行整理,并以平均值±标准偏差的方式表示。采用 Graphpad prism 7.00 软件作图。用 IBM SPSS 22 软件进行 Duncan's 间差异显著性统计和主成分分析 (PCA),计算相关系数矩阵、主成分特征值、方差贡献率及主成分综合评分。

## 2 结果与分析

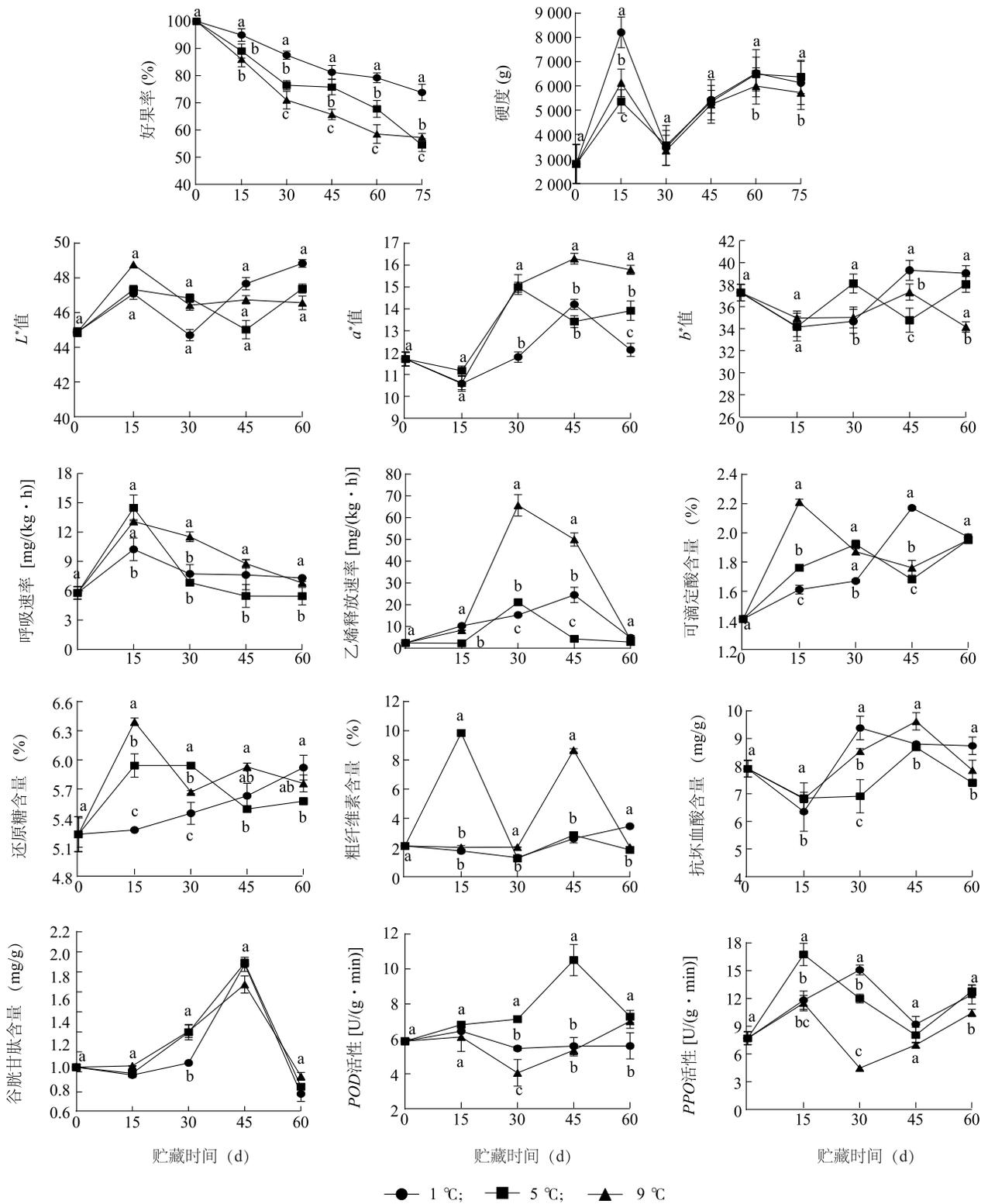
### 2.1 贮藏温度对金刺梨理化指标的影响

不同贮藏温度下金刺梨果实的好果率均呈现下降趋势 (图 1),且 1 °C 贮藏处理的金刺梨好果率显著高于 5 °C 和 9 °C 处理,贮藏 30 d 后不同贮藏温度下金刺梨果实好果率差异显著 ( $P < 0.05$ )。贮藏至 15 d 时所有处理金刺梨果实的硬度均呈现上升趋势,随后下降,贮藏至 30 d 后又上升,贮藏 60 d 后变化不大,1 °C 和 5 °C 贮藏处理的金刺梨果实硬度显著高于 9 °C 处理 ( $P < 0.05$ )。贮藏期间金刺梨果实色泽  $L^*$  值呈现增加-降低-增加的变化趋势,且不同贮藏温度对金刺梨果实色泽  $L^*$  值影响差异不显著,贮藏 30 d 期间 1 °C 贮藏处理金刺梨果实的  $L^*$  值低于其他贮藏温度处理,30 d 后则高于其他贮藏温度处理;贮藏期间金刺梨果实的色泽  $a^*$  值呈现降低-增加-降低的变化趋势,5 °C 贮藏处理的金刺梨果实色泽  $a^*$  值在贮藏 30 d 时到达最大值,1 °C 和 9 °C 贮藏处理的金刺梨果实色泽  $a^*$  值则在贮藏 45 d 时到达最大值,贮藏 45 d 后 9 °C 贮藏处理金刺梨果实色泽  $a^*$  值显著高于其他贮藏温度处理 ( $P < 0.05$ ),贮藏 60 d 时 1 °C 贮藏处理的金刺梨果实色泽  $a^*$  值显著低于其他贮藏温度处理 ( $P < 0.05$ );贮藏期间 5 °C 贮藏处理的金刺梨果实色泽  $b^*$  值变化较大,1 °C 和 9 °C 贮藏处理的金刺梨果实色泽  $b^*$  值呈现下降-上升-下降的变化趋势,贮藏 30 d 期间 1 °C 贮藏处理的金刺梨果实色泽  $b^*$  值小于其他贮藏温度处理,贮藏 45 d 后则显著高于其他贮藏温度处理 ( $P < 0.05$ )。贮藏期间金刺梨果实的呼吸速率和乙烯释放速率均呈现先增后减的变化趋势,1 °C 贮藏处理的金刺梨果实呼吸速率变化相对平缓,且呼吸高峰显著低于 5 °C 和 9 °C 贮藏处理,贮藏 30 d 后 5 °C 贮藏处理的金刺梨果实呼吸速率最小。1 °C 贮藏处理

的金刺梨果实乙烯释放高峰显著小于 9 °C 处理 ( $P < 0.05$ ),1 °C 贮藏处理的金刺梨果实乙烯释放高峰延缓至 45 d,说明低温能有效延缓金刺梨果实乙烯释放。5 °C 和 9 °C 贮藏处理的金刺梨果实可滴定酸含量均呈现上升-下降-上升的变化趋势,低温能有效延缓可滴定酸含量高峰的到来,贮藏至 30 d 时 1 °C 贮藏处理的金刺梨果实可滴定酸含量显著低于 5 °C 和 9 °C 处理 ( $P < 0.05$ ),贮藏 60 d 时不同处理间可滴定酸含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。1 °C 贮藏处理的金刺梨果实还原糖含量呈现持续上升的趋势,5 °C 和 9 °C 贮藏处理的金刺梨果实还原糖呈现先增后减的趋势,贮藏至 30 d 时 1 °C 贮藏处理的金刺梨果实还原糖含量显著低于其他 2 个贮藏温度处理 ( $P < 0.05$ ),贮藏至 60 d 时却显著高于其他 2 个贮藏温度处理 ( $P < 0.05$ )。所有贮藏温度下金刺梨果实谷胱甘肽含量均呈现先增后减的趋势,除 1 °C 贮藏处理的金刺梨果实谷胱甘肽含量在贮藏 30 d 时显著低于其他处理 ( $P < 0.05$ ) 外,不同贮藏温度处理间金刺梨果实谷胱甘肽含量差异不显著 ( $P > 0.05$ )。贮藏期间,1 °C 贮藏处理的金刺梨果实 *POD* 活性变化相对较小;5 °C 贮藏处理的金刺梨果实 *POD* 活性呈现先增后降的变化趋势,贮藏 45 d 时果实 *POD* 活性到达最大值,随后急剧下降;9 °C 贮藏处理的金刺梨果实 *POD* 活性则在贮藏 30 d 时最低,随后增加;贮藏 60 d 时 1 °C 贮藏处理的金刺梨果实 *POD* 活性显著低于 5 °C 和 9 °C 贮藏处理的金刺梨果实 ( $P < 0.05$ )。所有贮藏温度下金刺梨果实 *PPO* 活性均呈现增加-下降-增加的变化趋势,5 °C 和 9 °C 贮藏处理的金刺梨果实均在贮藏 15 d 时达到最大值;1 °C 贮藏处理的金刺梨果实 *PPO* 活性则在贮藏 30 d 时达到最大值,且显著高于其他贮藏温度处理,随后下降;9 °C 贮藏处理的金刺梨果实 *PPO* 活性在 30 d 时最低,1 °C 和 9 °C 贮藏处理的金刺梨果实 *PPO* 活性则在 45 d 时最低。

### 2.2 贮藏期间金刺梨果实抗氧化能力分析

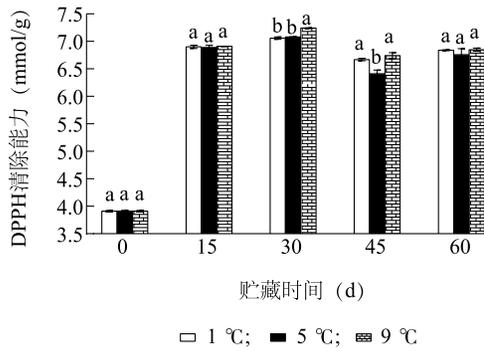
不同贮藏温度下金刺梨果实抗氧化能力测定结果如图 2 所示。从图 2 可知,贮藏期间金刺梨果实的抗氧化能力 (DPPH 清除能力) 显著高于贮藏 0 d 时 ( $P < 0.05$ )。在前 30 d,所有处理果实的抗氧化能力均呈现上升趋势,贮藏 45 d 时略微下降,贮藏至 60 d 时 9 °C 贮藏条件下金刺梨果实抗氧化能力相对较强。



不同字母表示同一贮藏时间不同温度处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图1 贮藏温度对金刺梨果实各指标的影响

Fig.1 Influence of storage temperature on various indices of *Rosa sterilis*



不同字母表示同一贮藏时间不同温度处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图2 贮藏温度对金刺梨果实 DPPH 清除能力的影响

Fig.2 Influence of storage temperature on DPPH scavenging ability of *R. sterilis*

2.3 金刺梨果实贮藏品质指标的相关性

利用 IBM SPSS Statistics 22 软件对金刺梨贮藏品质指标进行相关性分析(表 1)。由表 1 可知,金刺梨的好果率与还原糖含量、色泽  $a^*$  值、DPPH 清

除能力呈极显著负相关关系,与乙烯释放速率、可滴定酸含量呈显著负相关性;硬度与可滴定酸含量、 $L^*$  值和 DPPH 清除能力呈极显著正相关性,与还原糖含量、 $PPO$  活性呈显著正相关性;呼吸速率与还原糖含量呈极显著正相关性,与纤维素含量、 $L^*$  值和 DPPH 清除能力呈显著正相关性,与  $b^*$  值呈显著负相关性;乙烯释放速率与谷胱甘肽含量、 $a^*$  值呈极显著正相关性,与抗坏血酸含量、DPPH 清除能力呈显著正相关性,与  $PPO$  活性呈极显著负相关性,与  $POD$  活性呈显著负相关性;可滴定酸含量与还原糖含量、 $L^*$  值和 DPPH 清除能力呈极显著正相关性;还原糖含量与  $L^*$  值和 DPPH 清除能力呈极显著正相关性;抗坏血酸含量与谷胱甘肽含量呈极显著正相关性,与  $a^*$  值呈显著正相关性;谷胱甘肽含量与  $a^*$  值呈极显著正相关性,与  $PPO$  活性呈现显著负相关性; $L^*$  值与 DPPH 清除能力呈极显著正相关性; $a^*$  值与  $PPO$  活性呈显著负相关性; $PPO$  活性与 DPPH 清除能力呈显著正相关性。

表 1 金刺梨果实品质指标的相关性

Table 1 Correlation coefficient between quality indices of *R. sterilis*

指 标	好果率	硬度	呼吸速率	乙烯释放速率	可滴定酸含量	还原糖含量	粗纤维素含量	抗坏血酸含量	谷胱甘肽含量	$L^*$ 值	$a^*$ 值	$b^*$ 值	$POD$ 活性	$PPO$ 活性
硬度	-0.343													
呼吸速率	0.023	0.270												
乙烯释放速率	-0.421*	-0.163	0.290											
可滴定酸含量	-0.605*	0.498**	0.310	0.225										
还原糖含量	-0.539**	0.416*	0.552**	0.243	0.810**									
粗纤维素含量	-0.124	0.152	0.443*	0.167	-0.007	0.339								
抗坏血酸含量	-0.336	-0.215	-0.240	0.428*	0.038	-0.028	0.125							
谷胱甘肽含量	-0.278	-0.086	-0.098	0.472**	0.159	0.081	0.167	0.474**						
$L^*$ 值	-0.335	0.677**	0.434*	0.072	0.788**	0.727**	0.205	-0.233	-0.140					
$a^*$ 值	-0.812**	-0.058	-0.240	0.572**	0.335	0.247	0.091	0.442*	0.472**	0.006				
$b^*$ 值	0.026	-0.177	-0.452*	0.024	0.128	-0.071	-0.086	0.212	0.118	0.179	0.192			
$POD$ 活性	-0.146	0.243	-0.223	-0.432*	-0.026	0.007	-0.019	-0.092	0.185	-0.079	0.021	-0.192		
$PPO$ 活性	0.060	0.383*	0.230	-0.478**	0.240	0.327	0.186	-0.284	-0.435*	0.307	-0.375*	-0.181	0.138	
DPPH 清除能力	-0.669**	0.589**	0.450*	0.388*	0.740**	0.721**	0.156	0.095	0.163	0.589**	0.330	-0.272	0.056	0.403*

\* 表示显著相关 ( $P < 0.05$ ); \*\* 表示极显著相关 ( $P < 0.01$ )。

2.4 贮藏期间金刺梨品质变化的主成分分析

通过 IBM SPSS Statistics 22.0 软件对 3 个贮藏温度下金刺梨果实的 15 项指标进行主成分分析,前 6 个主成分的累计方差贡献率达到 86.496%,说明

这 6 个主成分包含原始 15 个指标的绝大部分信息。因此,金刺梨果实贮藏品质指标由初试的 14 个主成分减少到 6 个,达到了降维目的。

图 3 为金刺梨果实品质原始指标与主成分 1、

主成分2和主成分3相关系数的因子旋转示意图,可以更加直观地反映各主成分的主要信息和各指标间的相关性。从图3中可以看出,还原糖、可滴定酸、色泽 $L^*$ 、硬度在主成分1正方向上有较高载荷,好果率在主成分1负方向上有较高载荷,这与各指标的实际意义相符合,即好果率越高则品质越好,还原糖含量、可滴定酸含量、色泽 $L^*$ 值、硬度越高则对应金刺梨果实的品质越好;色泽 $a^*$ 值、抗坏血酸含量、谷胱甘肽含量、乙烯释放速率在主成分2正方向上有较高载荷, $PPO$ 活性在主成分2负方向上有较高载荷,可以推断,主成分1和主成分2综合反映了各主要品质指标。主成分3主要反映呼吸速率对品质的影响,主成分4主要反映 $POD$ 活性对品质的影响,主成分5主要反映色泽 $b^*$ 值对品质的影响。

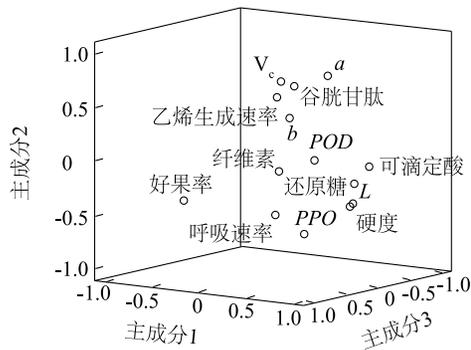


图3 主成分因子旋转示意图

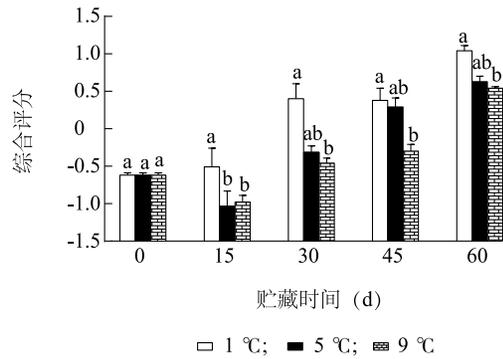
Fig.3 Rotation schematic diagram of principal component

## 2.5 不同贮藏温度下金刺梨果实品质综合评分

用6个主成分对不同贮藏温度下金刺梨果实品质进行综合评价,计算主成分得分及综合得分,结果见图4。由图4可知,在贮藏期间,除贮藏于5℃和9℃下金刺梨果实综合评分在贮藏15d时略微下降外,金刺梨果实综合评分均呈现上升趋势,贮藏60d时贮藏于1℃下金刺梨果实的综合评分最高,说明金刺梨果实贮藏期间存在明显后熟现象,贮藏后品质更佳;贮藏于1℃下金刺梨果实的综合评分均高于贮藏于5℃和9℃下金刺梨果实,尤其是贮藏30d后综合评分随贮藏温度的升高呈下降趋势,说明低温有利于金刺梨果实的贮藏。

## 3 讨论

贮藏温度是影响果蔬贮藏品质的关键因素之



不同字母表示同一贮藏时间不同温度处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

图4 贮藏温度对金刺梨果实综合品质的影响

Fig.4 Influence of storage temperature on comprehensive scores of quality of *R. sterilis*

一,适宜的贮藏温度不仅可以降低生理代谢过程中酶的活性和营养损失,延缓微生物引起的腐烂,又能防止温度过低引起的冷害和冻伤。因此,确定适合金刺梨鲜果贮藏温度至关重要。林梓等认为低温 ( $4.0 \pm 0.5$ )℃贮藏能维持金刺梨贮藏品质<sup>[8]</sup>。而许培振等通过PE保鲜袋自发气调包装低温贮藏 ( $2.0 \pm 0.5$ )℃试验,发现低温更加有利于金刺梨的贮藏保鲜<sup>[7]</sup>。

本试验通过研究不同贮藏温度(1℃、5℃、9℃)下金刺梨鲜果的好果率、硬度、色泽( $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ )、呼吸速率、乙烯释放速率、可滴定酸含量、还原糖含量、粗纤维素含量、抗坏血酸含量、谷胱甘肽含量、 $POD$ 活性、 $PPO$ 活性和DPPH清除能力15项指标,利用相关性分析法分析各指标间的相关性,通过主成分分析法进行综合评价,计算贮藏期间各处理的综合得分,筛选出金刺梨鲜果的最佳贮藏温度。

通过相关性分析发现,色泽 $a^*$ 值和还原糖含量直接影响金刺梨鲜果的好果率,可滴定酸含量和 $L^*$ 值与硬度呈极显著正相关性,可滴定酸和还原糖含量对DPPH清除能力具有极显著的贡献。通过主成分分析,对15项理化指标进行简化,有效地提取了6个有效成分,累计方差贡献率达86.496%,说明能有效代表金刺梨鲜果15个原始品质指标的绝大部分信息。其中,第1主成分反映了好果率、硬度、可滴定酸含量、还原糖含量和 $L^*$ 值指标信息,第2主成分反映了乙烯释放速率、谷胱甘肽含量、 $a^*$ 值和 $PPO$ 活性指标信息,第3主成分反映了呼吸速率

指标信息,第4主成分反映了POD活性指标信息,第5主成分主要反映色泽 $b^*$ 值指标信息。

用主成分分析法对不同贮藏温度下金刺梨鲜果品质进行综合评分,计算各主成分得分和综合得分。根据评分结果可知,贮藏于1℃下的金刺梨鲜果贮藏时间综合得分呈现持续上升的趋势,而贮藏于5℃和9℃下的金刺梨鲜果的综合得分在贮藏15 d时呈现下降趋势,之后持续上升;贮藏于1℃下的金刺梨鲜果综合得分显著高于贮藏于5℃和9℃下的金刺梨鲜果。与刺梨的贮藏温度<sup>[17-18]</sup>相似,低温较好地延缓了金刺梨鲜果贮藏期间品质的劣变。由此可见,1℃贮藏更有利于金刺梨鲜果的贮藏保鲜。

#### 参考文献:

- [1] 郑元,辛培尧,高健,等.无籽刺梨的研究与应用现状及展望[J].贵州林业科技,2013,41(2):62-64.
- [2] 林源,唐军荣,田斌,等.无籽刺梨的研究现状及发展建议[J].江苏农业科学,2014,42(4):122-124.
- [3] 金涛,张凯.安顺市十二五金刺梨产业发展综述[J].中国林业产业,2016(5):218-219.
- [4] 付慧晓,王道平,黄丽荣,等.刺梨和无籽刺梨挥发性香气成分分析[J].精细化工,2012,29(9):875-878.
- [5] 吴洪娥,金平,周艳,等.刺梨与无籽刺梨的果实特性及其主要营养成分差异[J].贵州农业科学,2014,42(8):221-223.
- [6] 刘松,赵德刚.无籽刺梨(*Rosa kweichonensis* var. *sterlis*)研究进展[J].山地农业生物学报,2014,33(1):76-80.
- [7] 许培振,林梓,胡敏,等.包装处理对无籽刺梨的低温保鲜效果[J].中国酿造,2016,35(6):128-132.
- [8] 林梓,许培振,胡敏,等.贮藏温度对无籽刺梨贮藏品质的影响[J].食品工业,2016,37(8):163-166.
- [9] 刘晓燕,王瑞,梁虎,等.不同温度贮藏贵长猕猴桃采后生理和品质变化[J].江苏农业科学,2015,43(6):264-267.
- [10] 马佳佳,刘凤军,牟建梅,等.温度对水芹贮藏品质的影响与货架期预测模型的建立[J].江苏农业科学,2016,44(8):376-379.
- [11] XIE G F, TAN S M, YU L. Effect of cultivar on quality of the common bean during storage[J]. International Agricultural Engineering journal, 2015,24(2):69-78.
- [12] XIE G F, TAN S M, YU L. Effect of calcium chloride treatment on quality of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) [J]. European Journal of Horticultural Science, 2014,79(1):16-21.
- [13] 缪颖,田维娜,郝长敏,等.壳聚糖处理延缓采后菜豆荚纤维化的研究[J].中国农业大学学报,2012,17(1):132-137.
- [14] 姜爱丽,孟宪军,胡文忠,等.不同北高丛蓝莓品种的抗氧化成分及其抗氧化活性[J].食品与发酵工业,2011,37(9):161-165.
- [15] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007.
- [16] TAUCHEN J, MARSIK P, KVASNICOVA M, et al. *In vitro* antioxidant activity and phenolic composition of Georgian, Central and West European wines[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2015,41:113-121.
- [17] 刘涵玉,徐俐,朱通,等.不同贮藏温度对刺梨果实品质影响[J].食品工业,2016,37(2):59-63.
- [18] 朱通,徐俐,刘涵玉,等.采收成熟度对刺梨果实贮藏品质的影响[J].食品科学,2014,35(22):330-335.

(责任编辑:张震林)