

节不仅有物理变化(如冰晶的生成和成长等),而且还有生化变化(如果胶组分的变化等),质地特性是反映这些变化的综合指标。本实验通过对马铃薯在漂烫、冻结和漂烫-冻结过程的细胞结构和质地特性变化的研究,发现低温短时间漂烫(65℃, 3min)对马铃薯质地影响较小,细胞结构基本保持完好;速冻或慢冻都使马铃薯的质地特性大幅度地下降,慢冻马铃薯细胞明显变大,细胞壁有明显发胀现象;虽然低温短时间漂烫马铃薯的细胞结构基本保持完好,但经漂烫后即使速冻也会使细胞壁严重受损。另一方面,马铃薯质地特性与细胞结构的完损有一定的关系,细胞保持的越完好,质地特性越好;而且各个加工环节之间相互影响,本实验发现低温短时间漂烫对马铃薯的细胞结构影响很小,但漂烫后即使速冻也会使细胞壁严重破坏。

## 参考文献

- 1 Fuchigami M, Hyakumoto N, Miyazaki K, Nomura T, and Sasaki J. Texture and histological structure of carrots frozen at a programmed rate and thawed in an electrostatic field. *J. Food Sci.* 1994, 59, 1163~1168.
- 2 Fuchigami M, Hyakumoto N, and Miyazaki K. Frozen carrots texture and pectin components as affected by low-temperature and quick freezing. *J. Food Sci.* 1995, 60, 137~136.
- 3 Fuchigami M, Hyakumoto N and Miyazaki K. Programmed freezing affected texture, pectin composition and electron microscopic structures of carrots. *J. Food Sci.* 1995, 60, 137~141.
- 4 Anzalda-morales A., Brusewitz G.H and Anderson J.A. Pecan texture as affected by freezing rates, storage temperature, and thawing rates. *J. Food Sci.* 1999, 64, 332~335.
- 5 Prestamo G., Fuster C. and Risueno M.C. Effects of blanching and freezing on the structure of carrots cells and their implications for food processing. *J. Sci. Food Agric.* 1998, 77, 223~229.

## 甜椒果实冷藏方法的研究

陈发河 张维一 新疆农业大学食品系 乌鲁木齐 830052

吴光斌 新疆质量技术监督局质检所 乌鲁木齐 830052

**摘 要** 低温下甜椒果实呼吸异常升高,果肉细胞膜透性增大。贮前热处理可降低低温胁迫引起的呼吸增加,减缓果肉细胞电解质的渗漏。热处理后的果实贮藏在0~1℃下,冷害症状显现的时间推迟,冷害程度减轻;后熟转红受到明显的抑制,商品率增加。贮前热处理对甜椒果实的冷藏品质无不良影响。

**关键词** 甜椒 贮前热处理 冷害 呼吸速率 低温胁迫

**Abstract** The respiratory rate of sweet pepper (*capsicum frutescens*) increased sharply under the chilling stress. The relative conductivity of pulp and the membrane permeability also increased as the time of chilling stress prolonged. The prestorage heat treatment lessened the rise in respiration and reduced the electrolyte leakage of pulp. The rise in respiration a process of ripening with peel color development at 10~12℃, was restrained after prestorage heat treatment. When sweet peppers were stored at 0~1℃ after prestorage heat treatment the delayed symptom of chilling injury appeared 8 days later and the degree of chilling injury was minimized. The combining use of prestorage heat treatment and low-temperature storage (0~1℃) could restrain the ripening and peel color development significantly. Prestorage heat treatment reduced the incidence of decay, increased fruit commercial value, extended storage life and shelf life of sweet peppers during cold storage. The prestorage heat treatment had no adverse effects on the quality of sweet peppers during cold storage.

**Key words** Sweet pepper Prestorage heat treatment Chilling injury Respiratory rate Chilling stress

绿熟甜椒果实采后生理代谢活动旺盛,贮藏温度高于12℃果实衰老和腐烂均很快;低温虽能有效地抑制转红和衰老,但温度低于7℃就会引发生理障碍-冷害<sup>[1]</sup>,反而影响贮藏品质,增加腐烂。国内外对甜椒果实采后生理变化及贮运保鲜技术进行了大量的研究,有学者推荐的甜椒果实最佳商业贮藏温度为9~11℃<sup>[1]</sup>,在此温度下仍不能获得较长的贮藏寿命和有效地抑制转红。因此,如何通过贮前处理以提高果蔬产品

的耐藏性,便成了人们关注的热点问题。近年来,贮前热处理在果蔬贮藏保鲜中的作用受到重视,研究涉及贮前热处理对果蔬成熟<sup>[8]</sup>、呼吸<sup>[10]</sup>、乙烯释放<sup>[6]</sup>及品质<sup>[7]</sup>的影响等方面,但将贮前热处理用于减轻冷敏感型果蔬低温贮藏期间的冷害及其作用机理的研究尚少。本文研究了贮前热处理后甜椒果实在冷藏期间呼吸、冷害发生及品质的变化,旨在探讨甜椒果实低温冷藏的可能性,延长其贮藏寿命。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与处理

本试验在学校果蔬实验冷库内进行。供试甜椒 (*Capsicum frutescens*) 品种世界冠军, 采自新疆农科院试验地, 采摘时间9月15日~25日。采后室温下放置24h, 选择成熟度一致, 大小均匀, 无机械伤和病虫害侵染的绿熟果随机分成4组, 每组600~650个果实。将果实平放于塑料箱内, 每箱3层, 底层及每层间以洁净的吸水纸相隔, 进行下列4个处理。(1) 常温贮藏组, 10~0℃下贮藏; (2) 低温冷藏组, 0~1℃下贮藏; (3) 热处理 I 组, 先将甜椒果实置于38~40℃下处理8h, 然后移至0~1℃下贮藏; (4) 热处理 II 组, 先将甜椒果实置于38~40℃下处理8h, 然后移至10~13℃下贮藏。

### 1.2 方法

1.2.1 呼吸速率测定: 将待测甜椒果实置于真空干燥器内密封, 按顶隙法采气, 用 Shimadzu GC-9A 气相色谱仪进行测定<sup>[3]</sup>。

1.2.2 总游离氨基氮测定: 按波钦诺克 (1981)<sup>[5]</sup>的方法, 用 Shimadzu UV-265 紫外分光光度计比色测定。

1.2.3 糖含量测定: 用蒽酮比色法<sup>[4]</sup>测定。

1.2.4 质膜相对透性测定: 按前文<sup>[2]</sup>方法测定。

1.2.5 贮藏效果统计方法 冷害症状根据果面所呈现的冷害斑面积分为4级。0级: 无冷害症状显现; 1级: 轻度冷害, 冷害斑不超过果面的 1/10; 2级: 中度冷害, 冷害斑占果面的 1/10~1/2; 3级: 严重冷害, 冷害斑所占面积超过果面的 1/2。

甜椒果皮颜色共分为4级。0级: 全绿; 1级: 转红果; 2级: 半红果, 果面变红面积超过 1/2; 3级: 全红果, 果皮全部转红。计算转红率和转红指数。

$$\text{冷害指数} = \frac{\sum (\text{冷害果实数} \times \text{冷害级值})}{\text{冷害最高级值} \times \text{检查果实总数}}$$

$$\text{转红率} (\%) = \frac{\text{转红果实数}}{\text{检查果实总数}} \times 100\%$$

$$\text{转红指数} = \frac{\sum (\text{转红果实数} \times \text{转红级值})}{\text{最高颜色级值} \times \text{检查果实总数}}$$

$$\text{失重率} (\%) = \frac{\text{贮藏前果重} - \text{贮藏后果重}}{\text{贮藏前果重}} \times 100\%$$

$$\text{商品率} (\%) = \frac{\text{冷害0级果数} + \text{1级果数}}{\text{检查果实总数}} \times 100\%$$

## 2 结果与分析

### 2.1 贮前热处理对甜椒果实呼吸的影响

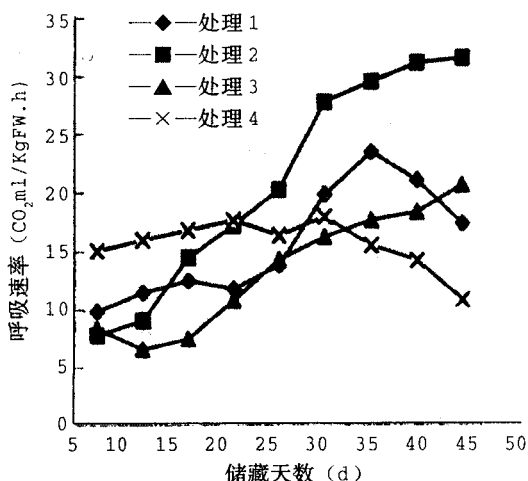


图1 贮前热处理对甜椒果实呼吸的影响

10~12℃下贮藏的甜椒果实在25d前呼吸变化不大, 25d后开始有较大幅度上升, 此时果实开始转红, 到35d时, 呼吸达到最高值, 而后趋于下降。0~1℃下贮藏的甜椒果实, 第10d时呼吸就有明显上升, 40d后趋于平缓。经贮前热处理后贮于0~1℃下的果实, 呼吸显著升高的时间较低温贮藏组晚5d, 而且整个贮藏期间呼吸增加的幅度也较低温组小; 热处理后贮于10~12℃下的果实, 20d前呼吸略有增加, 且高于其他处理, 20d后逐渐下降, 到50d后其呼吸低于热处理前的水平 (图1)。上述结果说明, 冷害低温胁迫可刺激甜椒果实呼吸上升; 冷害温度以上 (10~12℃) 贮藏的果实其呼吸上升是同果实的后熟转红相联系。而贮前热处理既可降低低温胁迫引起的呼吸上升, 也可抑制与后熟转红过程相伴的呼吸增加。

### 2.2 贮前热处理对甜椒果实质膜透性和冷害的影响

10~12℃下, 甜椒果肉质膜相对透性依时间的延长而增加, 但趋势比较平缓, 只是在25d以后增加幅度稍大些; 0~1℃下, 果肉细胞电解质大量外渗, 膜透性增大, 第8d起增加幅度明显提高; 贮前热处理后贮于0~1℃下的甜椒果肉细胞电解质外渗量较低温组少, 热处理增加了膜对低温胁迫的抗性。热处理结束时, 果实电解质外渗率比对照高出56.2%, 贮于10~12℃下, 电解质外渗量又缓慢下降 (图2), 说明短时热胁迫造成的膜损伤逐渐得到恢复。

0~1℃下贮藏至13d时, 甜椒果实表面有轻微的冷害凹陷斑出现, 低温下冷害症状发展比较缓慢; 贮

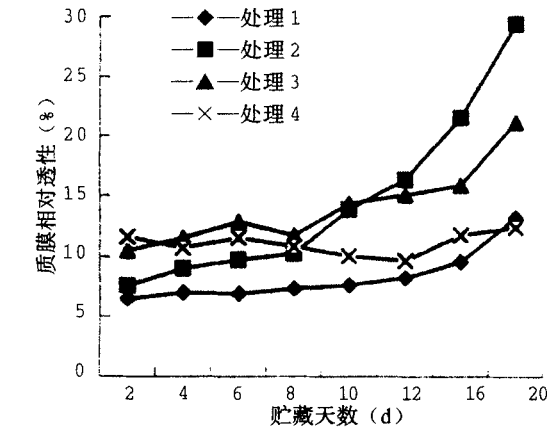


图2 贮前热处理对甜椒果实质膜相对透性的影响

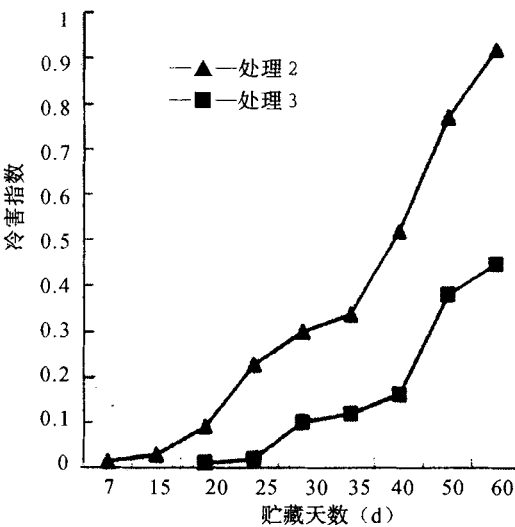


图3 贮前热处理对甜椒果实冷害的影响

前热处理的果实，低温贮藏至27d时才呈现轻微冷害症状，冷害指数也小于低温组（图3）。贮前热处理降低了甜椒果实对低温胁迫的敏感程度，使得低温贮藏的甜椒果实冷害症状起始时间推迟，冷害程度减轻。

2.3 贮前热处理对甜椒果实后熟和贮藏寿命的影响

试验结果表明，10~12℃下贮藏虽能避免冷害，但甜椒后熟转红仍较快，贮藏至40d时，转红率高达70.5%，转红指数0.58。0~1℃低温贮藏能有效地抑制转红，同时也引起果实冷害。热处理后的果实，贮于10~12℃下，也不能正常后熟；贮于0~1℃下，对果实转红的抑制效果更为明显。低温抑制转红是因低温影响了细胞的膜结构，使甜椒后熟能力减弱或丧失；热处理对转红的抑制效应可能是高温钝化了与后熟有关的酶所致。

表1所示，10~12℃下贮藏40d后，腐烂速度加快，此时大部分果实已转红。0~1℃下贮藏至40d，因冷害斑已大量产生，好果率较低，但仍有较高的商品率，移至室温（20~25℃）下，货架期很短，3d后迅速腐烂。处理（3）的果实，贮藏至40d好果率仍然较高，腐烂率也明显下降，货架期较处理（2）有较大的延长。处理（4）也较处理（1）的商品率高，货架期长。另外，试验中还观察到，处理（2）的果实在冷害症状比较严重时，果面冷害斑上发生病原微生物的侵染，增加腐烂，贮前热处理的果实病原微生物引起的腐烂也有所减轻。

2.4 贮前热处理对甜椒果实冷藏品质的影响

贮前热处理后甜椒果实含水量略有下降，贮藏至40d后，各处理间含水量差异不显著。可溶性固形物随果实贮藏时间的延长而下降，贮前热处理的果实可溶性固形物的保存率稍高些。总糖的变化趋势与可溶性固形物相同，只是处理（3）的果实贮藏40d后总糖含量比贮藏前高出5.3%，原因尚待研究。4种处理的果实在贮藏期间，可滴定酸略有上升，但显示不出与贮前热处理的贮藏温度的关系。低温与贮前热处理都能减缓甜椒果实贮藏期间维生素C的分解，热处理后再移至低温下贮藏，甜椒果实维生素C的保存率最高。10~12℃和0~1℃下贮藏40d后，果实总游离氨基酸含量均增加（表2），前者含量有净增加（数据未列出），

表1 贮前热处理对甜椒果实商品性的影响

| 处理 | 贮藏天数 (d) | 失重率 (%) | 好果率 (%) | 腐烂率 (%) | 商品率 (%) | 货架期* (d) |
|----|----------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 1  | 40       | 4.2     | 78.8    | 10.3    | 89.7    | 5.5      |
|    | 60       | 4.9     | 61.4    | 31.4    | 68.6    | 3.5      |
| 2  | 40       | 2.1     | 59.2    | 12.0    | 88.0    | 3.0      |
|    | 60       | 3.0     | 46.5    | 22.5    | 77.5    | 1.5      |
| 3  | 40       | 3.5     | 82.5    | 5.1     | 94.5    | 6.0      |
|    | 60       | 3.7     | 78.9    | 9.5     | 90.5    | 36.5     |
| 4  | 40       | 4.4     | 80.3    | 10.8    | 89.2    | 7.0      |
|    | 60       | 4.9     | 67.2    | 15.2    | 84.8    | 5.0      |

\*移至20~25℃下保持果实商品性的天数

表2 贮前热处理对甜椒果实储藏品质的影响

| 处理 | 储藏天数 | 含水量 (%) | 可溶性固型物 (%) | 总糖含量 (%) | 可滴定酸 (%) | 维生素C<br>(mg/100g) | 总游离氨基酸氮<br>(mg/100g) |
|----|------|---------|------------|----------|----------|-------------------|----------------------|
| 1  | 0    | 92.04   | 4.1        | 2.93     | 0.12     | 165.4             | 1.24                 |
|    | 40   | 89.96   | 3.3        | 2.26     | 0.16     | 128.0             | 1.60                 |
| 2  | 0    | 92.04   | 4.1        | 2.93     | 0.12     | 165.4             | 1.24                 |
|    | 40   | 90.63   | 3.8        | 3.08     | 0.14     | 142.6             | 1.35                 |
| 3  | 0    | 90.00   | 4.1        | 3.01     | 0.12     | 160.8             | 1.06                 |
|    | 40   | 90.01   | 4.0        | 3.17     | 0.14     | 140.5             | 1.21                 |
| 4  | 0    | 90.00   | 4.1        | 3.01     | 0.12     | 160.8             | 1.06                 |
|    | 40   | 89.42   | 3.7        | 2.69     | 0.15     | 130.3             | 1.30                 |

可能热胁迫诱导蛋白质合成,果实中游离氨基酸参与到新蛋白的合成中,致使总游离氨基酸下降;以后在10~12℃和0~1℃下贮藏至40d时,总游离氨基酸又逐渐增加这主要是蛋白质水解的结果。

### 3 讨论

冷害是许多原产于热带、亚热带植物由于冰点以上低温(0~12℃)所引起的生理失调而造成细胞伤害的现象。低温胁迫刺激甜椒果实呼吸上升,当冷害严重损伤细胞结构时,呼吸不再增加,如图1中0~1℃下贮藏40d的果实,冷害症状已十分明显,呼吸趋于平缓。在38~40℃热处理的8h中,呼吸持续上升。我们还曾设计了一组55℃热处理果实,在热处理的初期,呼吸上升很快,2h后反而下降,这一结果与Maxie等<sup>[9]</sup>在“Bartlett”梨上的研究结果相似。热处理后,贮于0~1℃下的果实,低温对果实呼吸的刺激效应减弱;贮于10~12℃下的果实其呼吸也较未进行热处理的对照低。

直接贮于0~1℃和10~12℃下的果实,质膜的相对透性都有不同程度的增大,前者是由于低温伤及膜结构,使电解质外渗量增加,后者可能是后熟衰老过程中膜脂过氧化作用所致。试验中还发现甜椒果实8h在热处理过程中,电解质外渗率随时间延长而增大,这是热胁迫造成的。但移入10~12℃后,热处理条件解除,膜的热损伤得到修复,膜相对透性又逐渐降低。由于贮前热处理增强了甜椒果实抵抗低温胁迫的能力,冷害症状也随之减轻。

贮前热处理对甜椒果实后熟转红的抑制效应在结合了低温冷藏后效果更明显。试验结果表明,适当时间和温度的贮前热处理,对甜椒果实低温冷藏品质无不良影响,并且还有减轻烂损,提高商品率,延长储藏寿命和货架期的作用。贮前热处理对甜椒果实抗冷害的生理效应打破了甜椒贮藏的临界温度界限,可使

低温冷藏(0~9℃)成为延长甜椒果实贮藏期的有效途径之一。但贮前热处理后甜椒果实对低温胁迫的生理反应和抗冷性的获得及其与后熟转红的关系还需进一步研究。

### 参考文献

- 1 么克宁,于梁,周山涛.甜椒冷藏温度及冷害的研究.园艺学报,1986,13(2):119~124.
- 2 陈发河,张维一.低温胁迫对甜椒果实游离脯氨酸的影响.植物生理学通讯,1991,25(5):365~368.
- 3 陈发河,张维一,吴光斌.钙渗入对香梨果实呼吸、乙烯释放、挥发性物质及品质的影响.园艺学报,1991,18(4):365~369.
- 4 张友杰.以蒽酮分光光度法测定果蔬中葡萄糖、果糖、蔗糖和淀粉.分析化学,1997,3:167~171.
- 5 波钦诺克XH.植物生物化学方法(荆家海、丁钟荣译).科学出版社,北京:1981,95~100.
- 6 Biggs,M.S.,Willson,W.R. and A.K.Handa Biochemical basis of high-temperature inhibition of ethylene biosynthesis in ripening tomato fruits.Physiol.Plant,1988,72:572.
- 7 Klein,J.D.and S.Lurie.Prestorage heat treatment as a means of improving prestorage quality of apple.J.America Soc. Hort Sci.,1990,115:265.
- 8 Lurie,S. and J.D.Klein.Heat treatment of ripening apples Differential effects on physiology and biochemistry.Physiol.Plant,1990,78:181.
- 9 Maxie,E.C.Mitchell,G.and N.Sommer,Effects of evaluated temperature on ripening of Bartlett pear.J.Amer.Soc. Hort.Sci,1974,99:344.
- 10 Porritt,S.W.and P.D.Lidster,The effect of prestorage heating on ripening and senescence of apple during cold storage.J. Amer.Soc.Hort.Sci.,1978,103:564.
- 11 Wang,C.Y.effect of CO<sub>2</sub> treatment on storage and shelf life of sweet peppers.J.Amer.Soc.Hort.Sci.,1977,102:808~812.