

贮藏温度对湖南本地青椒采后理化品质的影响

徐海山¹, 肖佳颖¹, 周辉¹, 丁胜华², 王蓉蓉^{1*}

(1. 湖南农业大学食品科技学院, 长沙 410128; 2. 湖南省农业科学院农产品加工研究所, 长沙 410125)

摘要: **目的** 研究贮藏温度对湖南本地青椒采后理化品质的影响, 确定不同温度下青椒采后品质变化规律。**方法** 考察不同温度(8 °C和 25 °C)在贮藏 20 d 期间青椒理化品质变化, 包括失重率、硬度、叶绿素含量、可溶性糖含量、有机酸含量、总酚含量及抗氧化活性(DPPH·清除能力、ABTS⁺能力、FRAP 能力)变化规律。**结果** 同 25 °C相比, 8 °C贮藏温度下青椒的理化品质保持更好。8 °C处理组的青椒在贮藏期间失重率小, 硬度较高, 叶绿素、可溶性糖和有机酸含量变化幅度小, 抗氧化活性较高。**结论** 8 °C低温贮藏更有利于青椒采后理化品质的保持, 延长其货架期。

关键词: 青椒; 温度; 贮藏; 品质

Effects of storage temperature on physiochemical quality of postharvest green peppers in Hunan

XU Hai-Shan¹, XIAO Jia-Ying¹, ZHOU Hui¹, DING Sheng-Hua², WANG Rong-Rong^{1*}

(1. College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Agricultural Product Processing Institute, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of storage temperature on physiochemical quality of postharvest green peppers in Hunan and make sure the variation rule of postharvest green peppers quality. **Methods** Variations of physiochemical quality at different temperature (8 °C and 25 °C) during storage for 20 d were investigated, including weightlessness rate, hardness, chlorophylls content, soluble sugar content, organic acid content, total phenols content and antioxidant activities (DPPH· scavenging capacity, ABTS⁺ capacity, and FRAP capacity). **Results** Comparing to green peppers storing at 25 °C, the physiochemical quality of green peppers storing at 8 °C maintained better. At 8 °C storage temperature, green peppers had lower weightlessness rate and higher hardness, had a less variation in chlorophylls, soluble sugar and organic acid content, and had a higher antioxidant capacity. **Conclusion** 8 °C is more suitable for the storage of postharvest green peppers, and further prolong the shelf life.

KEY WORDS: green peppers; temperature; storage; quality

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(31601525)、湖南省教育厅科学研究优秀青年项目(16B123)、湖南农业大学双一流项目(SYL201802006)

Fund: Supported by National Natural Science Foundation of China (31601525), Scientific Research Fund of Hunan Provincial Education Department (16B123) and the Double First-class Construction Project of Hunan Agricultural University (SYL201802006)

***通讯作者:** 王蓉蓉, 博士, 讲师, 主要研究方向为果蔬加工及贮藏。E-mail: sdauwrr@163.com

***Corresponding author:** WANG Rong-Rong, Ph.D, Lecturer, College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, No.1 Nongda Road, Furong District, Changsha 410128, China. E-mail: sdauwrr@163.com

1 引言

辣椒(*Capsicum frutescens* L.)为茄科茄亚族辣椒属一年生或多年生草本植物,富含多酚、类胡萝卜素、辣椒碱类化合物、 V_C 和 V_E 、可溶性多糖等多种有效成分,具有抗氧化、抗癌、抗衰老、预防心血管疾病等功效,是典型的药食两用植物^[1,2]。但由于辣椒含水量较高,在采后贮藏过程中极易发生失水萎蔫、果实软化等问题,且其对低温敏感,易发生低温冷害,严重降低了辣椒的食用价值和商品价值^[3]。相比于其他保鲜方法,如化学保鲜和生物保鲜等,低温保鲜法具有简单高效、品质安全等特点,仍是目前应用最广泛的保鲜方法。赵月等^[4]研究不同包装材料的辣椒在不同贮藏温度(2、5和9℃)下的品质变化,结果表明采用PE保鲜袋在9℃贮藏时可明显降低辣椒在贮藏过程中的腐烂和冷害,保持较好的感官品质。王连臻等^[5]研究贮藏温度(8℃和20℃)对辣椒采后生理的影响,发现低温贮藏能有效减缓辣椒的失重和后熟,抑制叶绿素、可溶性固形物、 V_C 和可溶性总糖的损失。然而,温度作为影响辣椒采后贮藏品质的重要因素^[6],其对采后辣椒理化品质的影响仍缺乏系统的研究。

本文以湖南本地青椒为实验材料,研究不同贮藏温度(8℃和25℃)对其采后理化品质的影响,包括失重率、硬度、色泽、叶绿素、可溶性糖、有机酸、总酚和抗氧化活性的变化,以期为提高青椒采后贮藏品质提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 实验材料

2.1.1 实验原料

实验用湖南本地青椒(湘研106)购买于湖南省长沙市芙蓉区大润发超市,挑选成熟度一致、大小均一、无机械损伤和病虫害的新鲜青椒作为实验原料。

2.1.2 仪器与试剂

GZP250 光照培养箱(金坛市城东新锐仪器厂);TA-XT2i 质构仪(英国 SMS 公司);UV-1700 型紫外分光光度计(日本岛津公司);SC-80C 全自动色差仪(北京康光仪器有限公司);Waters 2695 高效液相色谱仪(美国 Waters 公司)。

乙醇、 $FeCl_3$ (分析纯,北京化学试剂厂);抗坏血酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);没食子酸、1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(1,1-diphenyl-2-trinitrophenylhydrazine, DPPH, 色谱纯)、ABTS⁺、叶绿素标品、可溶性糖标品、有机酸标品(色谱纯,美国 Sigma 公司);甲醇(色谱纯,美国 Mreda 公司)。

2.2 贮藏

将约 200 g 青椒(8 根)放入 PE 保鲜袋中,共分装 36

袋,分为2组,分别放入8℃和25℃的培养箱中进行贮藏,湿度为90%~95%,于贮藏第0、4、8、12、16和20 d各取3袋样品进行相关品质测定。

2.3 品质测定

失重率采用重量法进行测定,公式为:失重率=(贮藏前质量-贮藏后质量)/贮藏前质量 $\times 100\%$;硬度参考 Garía-Segovia 等^[7]的方法采用质构仪进行测定,每个处理测定10次;色泽采用全自动色差仪对冻干样品进行测定;叶绿素含量参考 Wang 等^[8]的方法采用高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)进行测定,结果以 mg/g DW 表示;可溶性糖含量参考 Wang 等^[9]的方法采用 HPLC 进行测定,结果以 mg/g DW 表示;有机酸含量参考 Liu 等^[10]的方法采用 HPLC 进行测定,结果以 mg/g DW 表示。

总酚含量采用 Folin-Ciocalteu 比色法^[11]进行测定,结果以每 mg 干重含 μg 没食子酸当量表示(μg GA eq/mg DW);DPPH·清除能力参考 Zhang 等^[11]的方法测定,结果以每 g 干重含 mg V_C 表示(mg V_C eq/g DW);ABTS⁺参考 Choi 等^[12]的方法测定,结果以每 g 干重含 mg V_C 表示(mg V_C eq/g DW);FRAP 参考 Zhang 等^[11]的方法测定,结果以每 g 干重含 mg V_C 表示(mg V_C eq/g DW)。

2.4 数据处理

运用 Origin 8.0 整理数据、分析并作图;每个处理重复3次,数据结果以平均值 $\pm$ 标准差表示。

3 结果与分析

3.1 不同贮藏温度对青椒感官品质的影响

由图1可看出,随着贮藏时间的延长,8℃和25℃贮藏的青椒其感官品质都有很大程度的降低。然而,在整个贮藏期间内,8℃的青椒贮藏效果明显好于25℃。从色泽来看,25℃贮藏的部分青椒在第16 d时颜色开始转红,到贮藏第20 d时青椒明显转红,且在第16 d青椒开始腐烂。而8℃的青椒在整个贮藏过程中色泽维持较好,没有明显的转红和腐烂现象;从形态上看,8℃贮藏青椒的皱缩程度明显低于25℃,贮藏期间青椒更加饱满。

3.2 不同贮藏温度对青椒失重率和硬度的影响

不同贮藏温度对青椒失重率的影响如图2A所示。不同贮藏温度下青椒失重率的变化趋势一致,都随贮藏时间的延长而上升,且在贮藏前12 d增加趋势更为明显。采后青椒失重主要是由蒸腾作用和呼吸作用造成的,不仅消耗大部分水分,还会消耗部分营养物质^[13]。因此,贮藏前期由于青椒较强的呼吸作用和蒸腾作用,导致其失重率增加较快。如图2A所示,25℃贮藏的青椒整个过程中的失重率都要显著高于($P < 0.05$)8℃处理组,这是由于温度是影响



图 1 不同贮藏温度对青椒感官品质的影响

Fig.1 Effects of different storage temperatures on sensory quality in green peppers

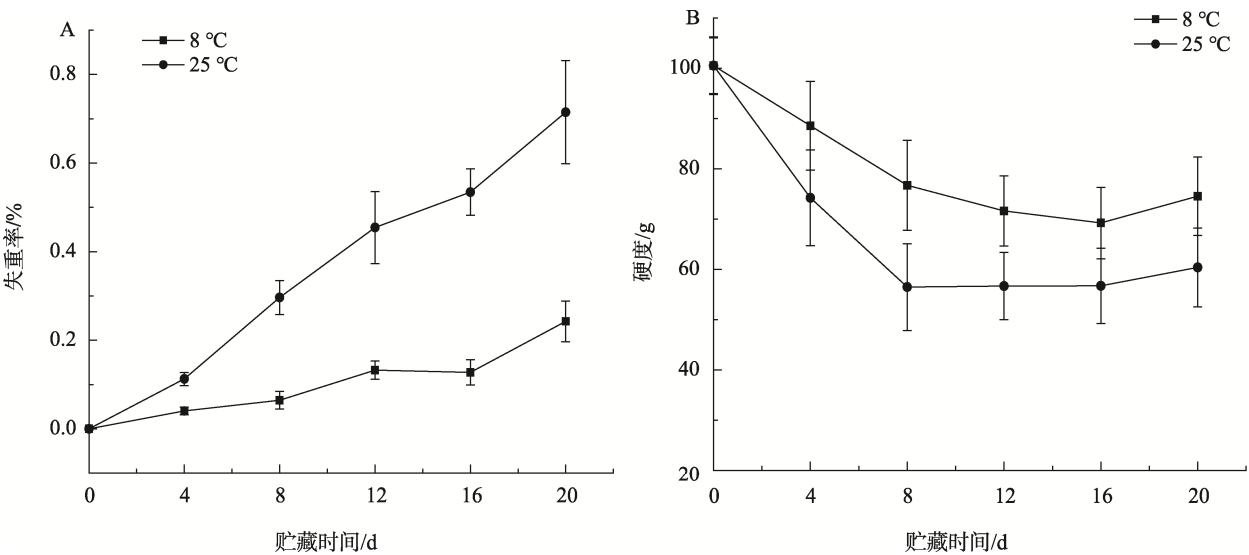


图 2 不同贮藏温度对青椒失重率和硬度的影响(n=3)

Fig.2 Effects of different storage temperatures on weightlessness rate and hardness in green peppers (n=3)

青椒采后呼吸作用和蒸腾作用的重要因素，温度越高，呼吸作用和蒸腾作用强度越大，导致青椒采后有机物和水分的损失较大^[14]。王连臻等^[5]也发现与 8 °C 相比，25 °C 下青椒的失重率明显升高。图 2B 反映的是青椒采后贮藏过程中硬度的变化。从图中可看出，不同贮藏温度下青椒硬度的变化趋势一致，都随贮藏时间的增加呈现先降低后增加的趋势，且在贮藏前 8 d 内降低趋势较 8~16 d 更为明显。硬度的降低与水分散失密切相关，而贮藏后期由于水分散失较为严重，导致其脆度降低，所以测定时出现一定程度的增加。相比于 25 °C，8 °C 处理组在整个贮藏过程中都维持较高的硬度，尤其在贮藏第 8 d 时，这种效果更为明显。

25 °C 贮藏的青椒在第 8 d 时硬度为 55.39，而 8 °C 处理组的硬度维持在 73.69。由此可见，温度是影响青椒采后贮藏过程中失重率和硬度的重要因素，低温能维持青椒采后贮藏过程中较低的失重率和较高的硬度，从而保持青椒的贮藏品质，延长货架期。

3.3 不同贮藏温度对青椒色泽的影响

不同贮藏温度对青椒色泽的影响如表 1 所示。 L^* 值代表亮度，同 25 °C 相比，8 °C 处理组 L^* 值在整个贮藏期间都维持在较高的水平，尤其在贮藏第 8 d 这种效果更为明显。25 °C 贮藏的青椒在第 8 d 时 L^* 值迅速降低到 58.34，而 8 °C 处理组 L^* 值仍维持在 68.86。 a^* 值代表红绿值，青椒在

25 °C贮藏前 12 d, a^* 值变化幅度较小, 12 天后 a^* 迅速下降, 而在 8 °C贮藏时, a^* 值在整个贮藏过程中变化幅度不明显, 这表明低温能更好地维持青椒采后贮藏过程中的绿色。产生上述现象的原因, 主要与低温对叶绿素的降解, 酶促褐变及非酶褐变的抑制有关^[15]。 b^* 值代表黄蓝值, 同 L^* 值和 a^* 值类似, 其在 8 °C贮藏时的变化幅度较 25 °C贮藏时小。因此, 青椒在 8 °C贮藏过程中色泽变化幅度小, 能更好地维持青椒的颜色品质。

3.4 不同贮藏温度对辣椒叶绿素含量的影响

不同贮藏温度对青椒叶绿素含量的影响如图 3 所示。在 8 °C和 25 °C贮藏时, 叶绿素的变化趋势不同。8 °C贮藏时, 叶绿素 a 和 b 整体呈先下降后升高再下降的趋势; 而 25 °C贮藏时, 叶绿素 a 和 b 整体呈下降的趋势。且在贮藏前 8 d内, 8 °C处理组叶绿素含量的下降明显小于 25 °C, 这与低温有效抑制叶绿素降解有关^[16]。乔勇进等^[17]也发现相较于常温, 低温可有效延缓鸡毛菜中叶绿素的降解。后期

叶绿素含量的上升可能是由于叶绿素蛋白复合物降解, 导致游离叶绿素含量增加^[18]。此外, 相比于叶绿素 a , 叶绿素 b 在贮藏过程中更为稳定, 变化幅度较小, 表明叶绿素 b 对温度的稳定性更高, 这也与 Steet 等^[19]和 Hörtensteiner 等^[16]实验中发现的研究结果一致。

3.5 不同贮藏温度对青椒可溶性糖含量的影响

如表 2 所示, 青椒中可溶性糖主要为果糖和葡萄糖。可溶性糖含量的减少与其呼吸作用的消耗有关^[20]。总体上, 8 °C处理的青椒果糖和葡萄糖含量在整个贮藏过程中都高于 25 °C。这说明低温可以有效抑制青椒的呼吸作用, 从而减少可溶性糖的损耗。对于果糖和葡萄糖而言, 其在 8 °C贮藏时变化幅度较小, 甚至在贮藏第 20 d 时还出现上升的趋势, 而在 25 °C时呈明显降低的趋势。可见, 温度是影响青椒可溶性糖含量变化的重要因素, 25 °C贮藏时青椒的生理活性较强, 导致可溶性糖大量消耗。而 8 °C处理组贮藏后期可溶性糖含量上升可能与青椒中多糖物质的分解有关^[21]。

表 1 不同贮藏温度对青椒色泽的影响(n=3)
Table 1 Effects of different storage temperatures on color in green peppers (n=3)

贮藏时间/d	L^*		a^*		b^*		ΔE^*	
	25 °C	8 °C	25 °C	8 °C	25 °C	8 °C	25 °C	8 °C
0	72.66±0.58 ^a	72.66±0.58 ^a	-9.53±0.27 ^e	-9.53±0.27 ^b	17.26±0.53 ^a	17.26±0.53 ^a	—	—
4	68.93±2.38 ^a	66.21±6.06 ^b	-7.86±0.35 ^d	-8.71±0.26 ^a	14.74±0.77 ^{bc}	15.98±0.56 ^b	4.87±2.37 ^d	6.78±5.89 ^a
8	58.34±3.39 ^c	68.86±0.78 ^{ab}	-6.98±0.39 ^c	-8.54±0.12 ^a	14.73±0.30 ^{bc}	15.57±0.34 ^b	14.76±3.38 ^d	4.30±0.67 ^b
12	63.48±1.76 ^b	69.87±0.63 ^{ab}	-7.80±0.30 ^{cd}	-8.38±0.05 ^a	15.29±0.42 ^b	15.35±0.17 ^b	9.54±1.81 ^c	3.58±0.47 ^c
16	62.86±2.08 ^b	68.56±1.85 ^{ab}	-4.69±0.83 ^a	-8.45±0.51 ^a	14.53±0.71 ^c	15.78±0.71 ^b	10.70±1.70 ^b	4.66±1.56 ^b
20	62.11±0.92 ^{bc}	70.31±0.76 ^{ab}	-3.71±0.47 ^b	-8.49±0.22 ^a	16.02±1.22 ^b	15.45±0.31 ^b	12.29±0.96 ^a	3.17±0.71 ^c

注: 同一列指标进行单因素方差分析多重比较, t 检验; 表中不同字母表示有显著差异($P<0.05$)。

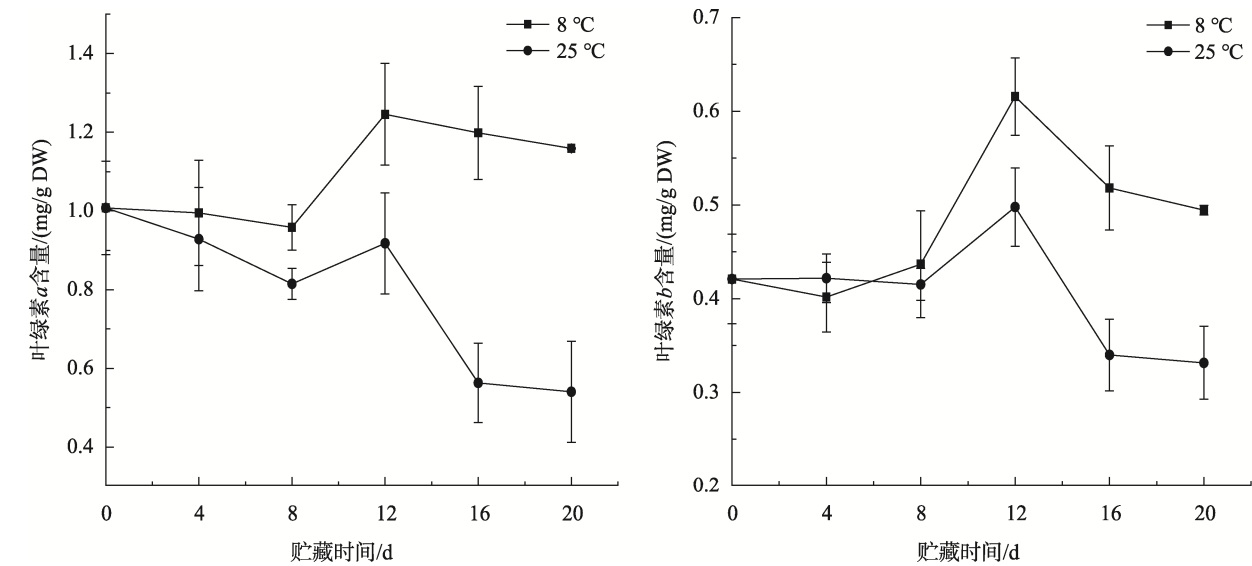


图 3 不同贮藏温度对青椒叶绿素含量的影响(n=3)
Fig.3 Effects of different storage temperatures on chlorophyll a and b content in green peppers (n=3)

表 2 不同贮藏温度对青椒可溶性糖含量的影响(n=3)
Table 2 Effects of different storage temperatures on soluble sugar content in green peppers (n=3)

贮藏时间/d	8 °C		25 °C	
	果糖 (mg/g DW)	葡萄糖 (mg/g DW)	果糖 (mg/gDW)	葡萄糖 (mg/gDW)
0	1.21±0.11 ^c	2.33±0.05 ^{ab}	1.21±0.11 ^a	2.33±0.05 ^a
4	1.19±0.01 ^c	2.20±0.03 ^b	1.10±0.03 ^b	2.12±0.04 ^b
8	1.36±0.02 ^a	2.16±0.01 ^b	0.95±0.06 ^b	1.97±0.08 ^c
12	1.27±0.02 ^b	2.44±0.04 ^a	1.14±0.03 ^{ab}	2.12±0.01 ^b
16	1.21±0.04 ^c	2.22±0.01 ^b	0.79±0.04 ^{ab}	1.49±0.03 ^c
20	1.36±0.03 ^a	2.43±0.00 ^{ab}	0.88±0.03 ^c	1.69±0.01 ^d

注：同一列指标进行单因素方差分析多重比较，t 检验；表中不同字母表示有显著差异(P<0.05)。

3.6 不同贮藏温度对青椒有机酸含量的影响

不同贮藏温度对青椒有机酸含量的影响如表 3 所示。有机酸不仅是青椒重要的风味成分，也会影响其感官品质和营养品质。由表 3 可知，青椒中的有机酸主要为草酸、苹果酸、丙二酸，其中草酸的含量最高，达到 24.57 mg/g DW。对于上述 3 种有机酸而言，8 °C和 25 °C贮藏期间 3 者含量均呈下降趋势，且 8 °C下降趋势较 25 °C低，表明低温可以通过抑制呼吸酶的活性而减少有机酸的消耗。其中，丙二酸在整个贮藏过程中含量较为稳定，尤其是在 8 °C处理组更为明显，都维持在 8.53 mg/g DW 以上；而草酸的降低趋势最为明显，在 25 °C贮藏 20 d 时降低到 20.01 mg/g DW。可见，青椒贮藏过程中消耗的有机酸主要为草酸，这与其作为三羧酸循环、糖酵解等呼吸基质而被消耗有关^[22]。

表 3 不同贮藏温度对青椒有机酸含量的影响(n=3)
Table 3 Effects of different storage temperatures on organic acid content in green peppers (n=3)

贮藏时间/d	草酸/(mg/g DW)		苹果酸/(mg/g DW)		丙二酸/(mg/g DW)	
	25 °C	8 °C	25 °C	8 °C	25 °C	8 °C
0	24.57±0.82 ^a	24.57±0.82 ^a	12.13±0.46 ^{ab}	12.13±0.46 ^a	8.84±0.11 ^a	8.84±0.11 ^a
4	23.73±0.97 ^a	23.89±1.60 ^{ab}	12.52±0.74 ^a	11.90±0.45 ^{ab}	8.65±0.23 ^a	8.74±0.22 ^a
8	22.30±0.97 ^b	22.74±0.93 ^{ab}	11.51±0.17 ^{bc}	12.22±0.54 ^a	8.61±0.13 ^a	8.90±0.30 ^a
12	22.18±0.70 ^b	24.05±1.28 ^{ab}	11.32±0.50 ^{bc}	11.80±1.09 ^{ab}	8.73±0.26 ^a	8.67±0.23 ^a
16	22.38±0.56 ^b	22.57±0.59 ^b	10.91±0.38 ^c	11.43±0.86 ^{ab}	7.78±0.28 ^b	8.53±0.01 ^a
20	20.01±0.41 ^c	22.63±0.57 ^b	10.65±0.38 ^c	10.65±0.38 ^b	7.60±0.20 ^b	8.65±0.21 ^a

备注：同一列指标进行单因素方差分析多重比较，t 检验；表中不同字母表示有显著差异(P<0.05)。

3.7 不同贮藏温度对青椒总酚含量及抗氧化活性的影响

总酚是果蔬中重要的抗氧化物质，其与抗氧化活性密切相关^[23]。不同贮藏温度对青椒总酚含量的影响如图 4A 所示，8 °C和 25 °C贮藏青椒的总酚含量均呈上升的趋势，在贮藏第 20 天时分别高达 70.95 和 83.09 μg GA/mg DW。总酚含量上升的原因可能是青椒中结合态的总酚分解为游离态，导致青椒中游离态总酚含量升高^[24]，后期的实验需进一步分析游离态和结合态总酚在贮藏过程中的变化。在整个贮藏期间内，25 °C的青椒总酚含量总是高于 8 °C处理组，这与庄言等^[15]的研究结果相似，其也发现 8 °C低温贮藏的芹菜中总酚含量要低于 22 °C常温贮藏，但具体原因尚不清楚，需进一步研究。

图 4B、C、D 分别反映的是不同贮藏温度对青椒 DPPH·清除能力、ABTS⁺和 FRAP 的影响。DPPH·清除能力反映果蔬对活性氧的防御^[25]。由图 4B 可知，2 种贮藏温度下青椒的 DPPH·清除能力总体呈先下降后上升的趋势。贮藏前 8 天，DPPH·清除能力下降较为明显，8 天后基本呈上升趋势，这与上述总酚含量的增加一致。相比于 25 °C，8 °C贮藏的青椒在整个过程基本都维持较高的 DPPH·清除能力，在贮藏第 20 d 时 DPPH·清除能力仍维持在 43 mg Vc/g DW。王芳等^[26]也发现，蓝莓在 0~5 °C贮藏时较 20~25 °C能有效延缓 DPPH·清除能力的下降速度。ABTS⁺和 FRAP 的变化趋势一致，所有样品都随贮藏时间的延长呈现降低的趋势，且 8 °C贮藏的青椒在整个贮藏期间 ABTS⁺和 FRAP 能力都高于 25 °C，尤其在贮藏第 12 d 时，两者的差异较为明显。8 °C贮藏的青椒在贮藏第 12 d 时，ABTS⁺和 FRAP 能力分别为 46.37 mg/g DW 和 27.51 mg/g DW，而 25 °C贮藏的青椒分别降至 33.80 mg/g DW 和 17.90 mg/g DW。由此可见，低温贮藏能较好地保持青椒的抗氧化能力。

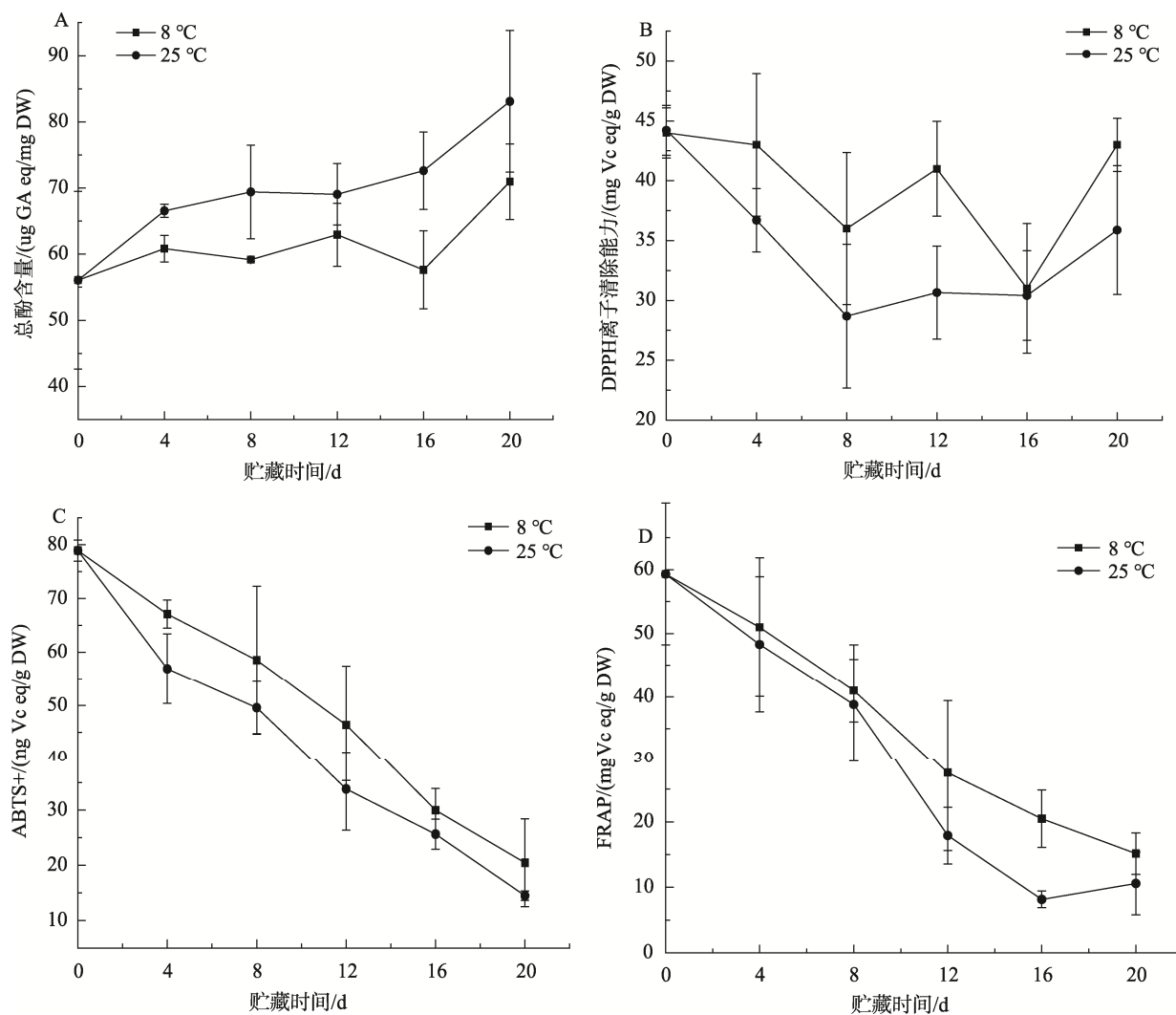


图4 不同贮藏温度对青椒总酚含量和抗氧化活性的影响(n=3)

Fig.4 Effects of different storage temperatures on total phenols content and antioxidant activity in green peppers (n=3)

4 结论

以新鲜湖南本地青椒为原料,研究不同贮藏温度(8 °C和25 °C)对青椒理化品质的影响,旨在确定不同贮藏温度下青椒理化品质的变化规律,为青椒贮藏保鲜提供理论依据。结果表明:不同贮藏温度下的青椒各品质变化规律基本一致,即随贮藏期延长,青椒的失重率增大,硬度下降,叶绿素、葡萄糖、果糖、苹果酸、草酸及丙二酸含量均下降,抗氧化活性降低,且25 °C贮藏的青椒上述各指标变化趋势较8 °C更为明显。这主要由于低温(8 °C)能有效抑制青椒采后呼吸作用和蒸腾作用等生理活性,延缓青椒采后衰老和营养物质的损耗,从而保持较好的贮藏品质、延长货架期。

参考文献

[1] 姬长英, 蒋思杰, 张波, 等. 辣椒热泵干燥特性及工艺参数优化[J]. 农

业工程学报, 2017, 33(13): 296–302.

Ji CY, Jiang SJ, Zhang B, *et al.* Heat pump drying properties of chili and optimization of technical parameters [J]. *Trans Chin Soc Agr Eng*, 2017, 33(13): 296–302.

[2] 袁婷婷, 李学琼, 陈厚荣. 基于几何加权法的辣椒热风干燥品质工艺优化[J]. *农产品加工*, 2018, 9: 22–28.

Yuan TT, Li XQ, Chen HR. Process optimization of hot air drying quality of pepper based on geometrical weighting method [J]. *Farm Prod Process*, 2018, 9: 22–28.

[3] 朱丽琴, 张伟, 汪伟, 等. 外源草酸对辣椒保鲜效果和抗氧化防御系统的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2013, 35(3): 521–524.

Zhu LQ, Zhang W, Wang W, *et al.* Effects of exogenous oxalic acid on preservation and antioxidant defense system of hot pepper fruits [J]. *Acta Agric Univ Jiangxiensis*, 2013, 35(3): 521–524.

[4] 赵月, 陶乐仁, 陈娟娟. 包装材料和贮藏温度对辣椒冷藏货架期品质变化的影响[J]. *食品与发酵科技*, 2015, 51(1): 25–30.

Zhao Y, Tao LR, Chen JJ. Effects of packing material and temperature on preservation quality of hot pepper [J]. *Food Ferment Technol*, 2015, 51(1):

- 25–30.
- [5] 王连臻, 任旭琴, 蒋佳, 等. 贮藏温度和壳聚糖姜蒜提取液对辣椒采后生理的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(8): 230–233.
- Wang LZ, Re XQ, Jiang J, *et al.* Effects of storage temperatures and chitosan coating with extraction from ginger and garlic on postharvest physiology of pepper [J]. Chin Agric Sci Bull, 2011, 27(8): 230–233.
- [6] 杨瑞平, 陈儒钢, 巩振辉, 等. 不同耐贮性辣椒贮藏期间的生理生化特性[J]. 西北农业学报, 2009, 18(6): 221–225.
- Yang RP, Chen RG, Gong ZH, *et al.* Physiological and biochemical characteristics of different storability pepper (*Capsicum frutescens* L.) during storage [J]. Acta Agric Boreali-occidentalis Sin, 2009, 18(6): 221–225.
- [7] Garia-Segovia P, Andrés-Bello A, Martínez-Monzó J. Textural properties of potatoes (*Solanum tuberosum* L., cv. *Monalisa*) as affected by different cooking processes [J]. J Food Eng, 2008, 88(1): 28–35.
- [8] Wang RR, Xu Q, Yao J, *et al.* Post-effects of high hydrostatic pressure on green color retention and related qualities of spinach puree during storage [J]. Innov Food Sci Emerg, 2013, 17: 63–71.
- [9] Wang H, Hu X, Chen F, *et al.* Kinetic analysis of non-enzymatic browning in carrot juice concentrate during storage [J]. Eur Food Res Technol, 2006, 223(2): 282–289.
- [10] Liu F, Fu S, Bi X, *et al.* Physico-chemical and antioxidant properties of four mango (*Mangifera indica* L.) cultivars in China [J]. Food Chem, 2013, 138(1): 396–405.
- [11] Zhang H, Jiang L, Ye S, *et al.* Systematic evaluation of antioxidant capacities of the ethanolic extract of different tissues of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) from China [J]. Food Chem Toxicol, 2010, 48(6): 1461–1465.
- [12] Choi S, Ahn J, Kim H, *et al.* Changes in free amino acid, protein, and flavonoid content in jujube (*Ziziphus jujube*) fruit during eight stages of growth and antioxidative and cancer cell inhibitory effects by extracts [J]. J Agric Food Chem, 2012, 60(41): 10245–10255.
- [13] 王艳红, 刘斌. 影响果蔬采后失水若干因素的分析[J]. 保鲜与加工, 2009, 5: 4–8.
- Wang YH, Liu B. Analysis of several factors affecting influencing post-harvest dehydration of fruit and vegetable [J]. Stor Proc, 2009, 5: 4–8.
- [14] 刘兴华, 寇莉萍. 果菜瓜贮藏保鲜[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- Liu XH, Kou LP. Fruit, vegetable and melon storage and preservation [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000.
- [15] 庄言, 张婷, 韩永斌, 等. 冰水预冷及贮藏温度对水芹贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(24): 279–284.
- Zhuang Y, Zhang T, Han YB, *et al.* Effects of ice water precooling and storage temperature on physiological and biochemical characteristics of *oenanthe javanica* [J]. Food Sci, 2013, 34(24): 279–284.
- [16] Hörtensteiner S, Kräutler B. Chlorophyll breakdown in higher plants [J]. BBA-Biomembr, 2011, 1807: 977–988.
- [17] 乔勇进, 高春霞, 甄凤元, 等. 贮藏温度对鸡毛菜贮藏品质的影响[J]. 上海农业学报, 2018, 34(2): 94–98.
- Qiao YJ, Gao CX, Zhen FY, *et al.* Effect of temperature on the storage physiological quality of fresh *brassica rapa* L. chinensis group [J]. Acta Agric Shanghai, 2018, 34(2): 94–98.
- [18] Wang RR, Ding SH, Hu XS, *et al.* Stability of chlorophyll-protein complex (photosystem II) in processed spinach: Effect of high hydrostatic pressure [J]. Int J Food Prop, 2017, 20, 3177–3188.
- [19] Steet JA, Tong CH. Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC [J]. J Food Sci, 1996, 61(5): 924–927.
- [20] 李靖, 孙淑霞, 陈栋, 等. 枇杷成熟果实中可溶性糖组分及含量分析[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(2): 89–91.
- Li J, Sun SX, Chen D, *et al.* Analysis of components and contents of soluble sugars in mature fruits of loquat [J]. J Anhui Agric Sci, 2017, 45(2): 89–91.
- [21] 刘中笑, 张延国, 高苹, 等. 几种蔬菜在储藏过程中的主要品质指标变化研究[J]. 农产品质量与安全, 2017, 6: 72–75.
- Liu ZX, Zhang YG, Gao P, *et al.* Study on the main quality changes of several vegetables during storage [J]. Qual Saf Agro-prod, 2017, 6: 72–75.
- [22] 翁金洋, 薛松, 倪照君, 等. 梅和杏果实有机酸代谢差异研究[J]. 南京农业大学学报, 2018, 41(6): 1009–1017.
- Weng JY, Xue S, Ni ZJ, *et al.* The differences of organic acid metabolism in fruits of *prunus mume* and *prunus armeniaca* [J]. J Nanjing Agric Univ, 2018, 41(6): 1009–1017.
- [23] Niwa Y, Kanoh T, Kasama T, *et al.* Activation of antioxidant activity in natural medicinal products by heating brewing and lipophilization. A new drug delivery system [J]. Drug Exp Clin Res, 1988, 14(5): 361–372.
- [24] 徐海山, 丁胜华, 王蓉蓉. 不同热风温度对苦瓜片干燥特性及品质的影响[J]. 湖南农业科学, 2018, 5: 82–85.
- Xu HS, Ding SH, Wang RR. Effects of hot-air temperatures on drying characteristics and quality of balsam pear slices [J]. Hunan Agric Sci, 2018, 5: 82–85.
- [25] Leja M, Mareczek A, Starzynska A, *et al.* Antioxidant ability of broccoli flower buds during short-term storage [J]. Food Chem, 2001, 72: 219–222.
- [26] 王芳, 刘华, 陈文荣, 等. 贮藏温度对蓝莓活性成分及抗氧化活性的影响[J]. 宁夏大学学报, 2011, 32(2): 172–175.
- Wang F, Liu H, Chen WR, *et al.* Effects of storage temperature on the active compounds and the antioxidant capacity of blueberry [J]. J Ningxia Univ, 2011, 32(2): 172–175.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



徐海山, 主要研究方向为果蔬加工及贮藏。

E-mail: 2426763997@qq.com



王蓉蓉, 博士, 讲师, 主要研究方向为果蔬加工及贮藏。

E-mail: sdauwrr@163.com