

热激处理对黄瓜低温贮藏特性的影响

沈丽雯, 刘娟, 董红敏, 李慧妍, 何靖柳, 刘春燕, 秦文*

(四川农业大学食品学院, 四川雅安 625014)

摘要:为研究热激处理对低温贮藏中黄瓜冷害发生的防治效果及对贮藏特性的影响,以“金田208”黄瓜为试材,通过测定黄瓜果实硬度、可溶性固形物、失重率、腐烂率、冷害指数、相对电导率、丙二醛含量、 V_c 含量、叶绿素和可溶性蛋白含量,确定黄瓜适宜的热激处理条件。结果表明:不同的热激方式、处理温度及时间会对黄瓜造成不同的影响。不适宜的热水处理会造成大量霉变,不适宜的热空气处理则会出现不同程度的失水、褪绿或烫斑。适宜的热水和热空气处理均可以对黄瓜的冷害起到推迟或减轻的效果,并有效的控制低温贮藏期间黄瓜果实的失水,能够延缓黄瓜细胞膜渗透率的增加和MDA的积累,防止可溶性蛋白含量降低。利用42℃的热水处理10min可以显著($p<0.05$)降低黄瓜的冷害指数和腐烂率,延缓果实硬度、可溶性固形物的下降,并维持较低的丙二醛(MDA)含量和相对电导率,对减轻黄瓜冷害症状起到了较好效果,适宜用作黄瓜的热激处理条件。

关键词:黄瓜,热激条件,冷害,低温贮藏

Effect of heat shock treatment on storage properties of cucumber at low temperature

SHEN Li-wen, LIU Juan, DONG Hong-min, LI Hui-yan, HE Jing-liu, LIU Chun-yan, QIN Wen*

(College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: The chilling injury and storage properties of cucumber stored at 2℃ were studied after different heat shock treatment. “Jin Tian 208” cucumber was used as test material, fruit hardness, soluble solids, the weight loss rate, decay rate, the chilling injury index, relative conductivity, MDA content and V_c content, chlorophyll and soluble protein content were measured as indicators to determine the appropriate conditions of heat shock treatment. The results showed that different ways of heat shock, temperature and time had different effects on cucumber. Inappropriate hot water treatment caused mildew, inappropriate hot air treatment exhibited different degrees of water loss, green fading, or hot spots. Hot water and hot air treatment could delay or reduce the chilling injury of cucumber, and reduce the rate of water loss effectively. Hot water (42℃, 10min) treatment could significantly reduce ($p<0.05$) the cucumber chilling injury index and rotting rate, delay the decrease of fruit hardness and soluble solids, and maintain the lower malondialdehyde (MDA) content and relative conductivity, played a good effect to reduce cucumber chilling injury symptoms. The results suggested that such a treatment was an appropriate method for cucumber to prevent it from chilling injury.

Key words: cucumber; heat shock condition; chilling injury; storage at low temperature

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)02-0343-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.02.066

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 是一种典型的冷敏性蔬菜, 通常认为其冷害发生的临界温度为10℃。低温贮藏可以降低果实生理代谢从而减少营养成分的损失, 抑制病虫害的侵染, 但冷害导致低温贮藏在黄瓜上的应用受到了限制。

热激处理可以有效解决低温贮藏和冷害发生之间的矛盾。大量的研究表明, 适宜的热激处理能减轻或延缓如番茄、芒果、鳄梨、柑橘和桃等多种果蔬冷

害的发生^[1], 并且无毒、无农药残留, 因而在新鲜果蔬贮藏中具有较好的应用前景^[2]。近年来有关黄瓜冷害的研究使得热激处理在黄瓜保鲜中有了一定的应用。不适宜的热处理条件对采后果实也会造成伤害, 如烫伤等, 38℃虽然可以减轻鳄梨果实低温贮藏下的冷害症状, 但40℃处理时间大于3h则会影响果实外观^[3], 另外, 即便是同一种蔬菜的不同品种对热处理的耐受性也有所差异。黄瓜表皮极薄, 在采后热处理过程中极易发生烫伤, 因而在热激条件的选择上极为苛刻, 通常认为果蔬热激适宜的温度和时间范围应用在黄瓜上可能会造成不良影响。

目前关于黄瓜对热处理的耐受性缺乏系统研究, 对于最佳热激条件缺乏明确探讨。因此本实验通过比较不同热激处理对黄瓜冷害指数、品质指标和

收稿日期: 2014-04-11

作者简介: 沈丽雯(1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 果蔬采后生理及贮藏技术。

* 通讯作者: 秦文(1967-), 女, 博士研究生, 教授, 研究方向: 果蔬采后生理及贮藏技术。

外观特性的影响,从多组处理中筛选出较优的热激处理条件,并对低温贮藏下不同热激处理对黄瓜的保鲜效果及生理影响进行研究,以探讨不同热激处理对黄瓜低温冷藏期间冷害的减轻效果和生理变化,明确黄瓜适宜的热激条件,为黄瓜的贮藏保鲜及热处理的应用提供一些借鉴。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

供试黄瓜 品种为“金田208”,于2014年3月7日采自四川攀枝花米易,置于塑料周转箱中,当天运回四川农业大学食品学院实验室,预冷过夜,选择成熟度基本一致,瓜条顺直,无病虫害、无机械损伤的果实,用于实验处理;硫代巴比妥酸 上海科丰化学试剂有限公司;钼酸铵 广东东华科技股份有限公司;三氯乙酸 成都麦卡希化工有限公司;考马斯亮蓝 G-250 上海迈坤化工有限公司;牛血清蛋白 北京维欣仪奥科技发展有限公司;除特殊说明外,上述试剂均为分析纯。

BS210S型电子天平 塞多利斯北京天平有限公司;HWS24型电热恒温水浴锅 上海一恒科技有限责任公司;SHB-III型循环水多用真空泵 菏泽市鑫源仪器仪表有限公司;UV-3200型紫外分光光度计 上海美普达有限公司;高速冷冻离心机 美国Thermo公司;DDS-11A型电导仪 上海理达仪器厂;GY-1型果实硬度计 牡丹江市机械研究所;手持折光仪 成都光学厂;低温冷藏柜 青岛海尔公司。

1.2 实验方法

1.2.1 处理方法

1.2.1.1 热激处理对黄瓜感官评价的影响 采用热水和热空气两种热激方式处理实验黄瓜,共设定15个处理组,1个对照组,各处理分别为:a.37℃热水处理5min;b.37℃热水处理10min;c.37℃热水处理30min;d.42℃热水处理5min;e.27℃热水处理10min;f.42℃热水处理30min;g.50℃热水处理5min;h.50℃热水处理10min;i.50℃热水处理30min;j.37℃热空气处理6h;k.37℃热空气处理12h;l.37℃热空气处理24h;m.42℃热空气处理6h;n.42℃热空气处理12h;o.42℃热空气处理24h;p.对照:常温贮藏。热空气处理组为防止水分散失,套PE袋后折拢袋口进行处理,各水平重复3次。处理后各组于室温下阴干,装于塑料泡沫箱,于室温下贮存3d,根据感官评价结果选择较优的4个处理。

1.2.1.2 热激处理对黄瓜低温贮藏特性的影响 将黄瓜按照筛选出的较优处理条件进行处理,分别为处理1:37℃热水处理5min后于2℃贮藏;处理2:42℃热水处理5min后于2℃贮藏;处理3:42℃热水处理10min后于2℃贮藏;处理4:37℃热空气处理6h后于2℃贮藏;e.对照:常温贮藏。热空气处理方法同阶段一。每次测定时各处理分别随机选取3根黄瓜作为试材,置于室温下至果温达到室温时进行测定,每次测定重复3次。冷害观察将黄瓜于室温下放置24h后进行观察。每3d进行各项指标测定。

1.2.2 项目测定 外观形态参考杨绍兰^[9]的方法;失

重率采用重量法测定:失重率(%)=(初始重量-测定重量)/初始重量×100;冷害指数测定方法实验将黄瓜冷害分为5级进行测定^[9];果实硬度用GY-1型果实硬度计测定;可溶性固形物(TSS)用手持折光仪测定;丙二醛(MDA)采用TBA显色法^[9]测定;细胞膜透性测定参照陈健华^[7]的方法;抗坏血酸(V_C)采用钼蓝比色法^[9]测定;叶绿素含量的测定参照高俊凤等^[9]的方法;可溶性蛋白采用考马斯亮蓝染色法^[10]测定。

1.2.3 数据处理与分析 所有测定均重复3次,结果取平均值,计算标准偏差(SD),利用SPSS 17.0邓肯多重比较法(Duncan's multiple test)进行差异显著性分析,Excel 2007进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 不同热激处理对黄瓜果实常温贮藏外观特性的影响

将经过不同热激处理的黄瓜果实及对照组分别放置于室温下3d,所得各组别的外观特性见表1,感官评分见图1。由表1、图1的结果可以看出,除37℃热水处理5min、42℃热水处理5min、42℃热水处理10min以及37℃热空气处理6h的组别,其余各组均出现不同程度的腐烂、失水、褪绿,长时间的热空气处理还导致黄瓜出现烫斑,其中以42℃热空气处理12h和24h最为严重,因此不适宜用作黄瓜的热激条件。经过热空气处理的组别及42℃热水处理的组别未发现腐烂霉变,而37℃和50℃的处理组别出现腐烂霉变现象,并且以长时间的热水处理较为严重。通过感官评分可以发现,37℃热水处理5min、42℃热水处理5min、42℃热水处理10min、37℃热空气处理6h的组别能够很好的保持黄瓜自身品质,其色泽、气味均较好,失水少,无烫伤。

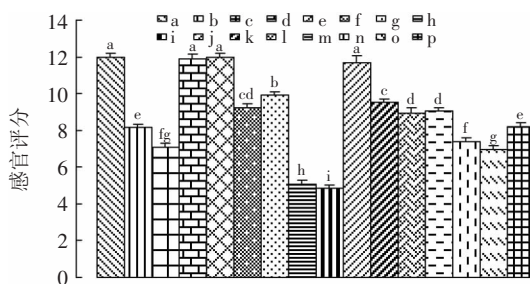


图1 热激处理常温贮藏第3d感官评分

Fig.1 The sensory score of heat shock treatment after 3 days' room temperature storage

2.2 不同热激处理对黄瓜果实贮藏品质的影响

任何的采后处理都不应对其贮藏品质有明显不良影响,一般将叶绿素含量、TSS含量、V_C含量以及果实硬度作为黄瓜的主要品质指标。对经过不同热处理后低温贮藏的黄瓜品质指标的测定所得的测定结果及同一天测定指标之间的统计学差异见表2。

2.2.1 不同热激处理对黄瓜果实可溶性固形物含量的影响 可溶性固形物在贮藏过程中逐渐降低(表2),这是采后果蔬代谢导致影响的消耗所致,对照组在整个贮藏期下降平稳,处理组可溶性固形物含量有

表1 热激处理常温贮藏第3d外观特性
Table 1 Symptom of all treatment after 3 days

处理温度及时间	烫伤	气味	失水	腐烂霉变程度	果皮
5min	无	清新, 无异味	硬挺	无	深绿色, 有光泽, 无褶皱
37℃热水 10min	无	有黄瓜气味, 稍带酸味	略有失水	轻微腐烂, 有灰绿色软化斑点, 无霉变	浅绿色, 光泽黯淡, 稍有褶皱
30min	无	酸味严重	略有失水	软化腐烂, 无霉变	浅绿色, 光泽黯淡, 稍有褶皱
42℃热水 5min	无	清新, 无异味	硬挺	无	深绿色, 有光泽, 无褶皱
10min	无	清新, 无异味	硬挺	无	深绿色, 有光泽, 无褶皱
30min	无	清新, 无异味	瓜头严重失水	无	浅绿色, 光泽黯淡, 稍有褶皱
50℃热水 5min	无	清新, 无异味	略有失水	无	浅绿色, 光泽黯淡, 稍有褶皱
10min	无	酸味严重	略有失水	腐烂严重有白色絮状霉斑	浅黄色, 无光泽, 褶皱严重
30min	无	酸臭味	略有失水	软化腐烂较严重有大量白色絮状霉斑	浅黄色, 无光泽, 褶皱严重
37℃热空气 6h	无	清新, 无异味	硬挺	无	深绿色, 有光泽, 无褶皱
12h	轻微烫斑	清新, 无异味	略有失水	无	浅绿色, 光泽黯淡, 稍有褶皱
24h	轻微烫斑	清新, 无异味	严重失水	无	黄绿色, 无光泽
42℃热空气 6h	无	清新, 无异味	略有失水	无	黄绿色, 无光泽
12h	严重烫伤	清新, 无异味	严重失水	无	黄绿色, 无光泽
24h	严重烫伤	清新, 无异味	严重失水	无	黄绿色, 无光泽

一些波动,但在整个贮藏期内均高于对照组。贮藏前期,各处理组下降缓慢,对照组下降迅速,至贮藏第18d,各处理组可溶性固形物含量分别比对照组高出5.3%、8.5%、15.5%、4.9%,处理2组与处理3组显著($p<0.05$)高于对照组。这说明热激处理能够延缓可溶性固形物的降低速率,其中以处理3效果最好。

2.2.2 不同热激处理对黄瓜果实 V_c 含量的影响 V_c 是黄瓜重要的品质指标,在贮藏前期, V_c 含量有所上升,各组含量在贮藏第6d出现高峰,随后持续降低,这表明,低温在对黄瓜产生低温伤害的同时,也促进了果肉 V_c 的降解,但是热激处理可以明显抑制果肉 V_c 的降解速度,在处理各组可以显著抑制低温贮藏过程中 V_c 的减少。贮藏中期, V_c 含量下降迅速,至贮藏12d时,对照组的 V_c 含量比贮藏开始时下降了40.1%,热处理各组显著 V_c 含量显著($p<0.05$)高于对照组,处理3组与其他热处理组之间差异显著($p<0.05$)。贮藏结束时, V_c 含量由高到低的组别为处理3、处理1、处理2、处理4和对照,各组之间差异显著($p<0.05$)。各处理组中以处理3对黄瓜 V_c 含量的保持效果最好。

2.2.3 不同热激处理对黄瓜果实叶绿素含量的影响 叶绿素含量在贮藏期间均呈现下降趋势,初期的变化很小,而后下降速度加快,各组别中以对照组的叶绿素含量下降最快,到贮藏18d时,叶绿素含量仅为原始含量的30.05%,此时对照组冷害已十分严重,表面有大量凹陷水浸斑,表皮轻触成粉状。在低温贮藏18d后,各处理组的叶绿素含量分别为0.212、0.237、0.265、0.193mg/g,与对照组相比差异显著($p<0.05$),这表明,低温胁迫会促进叶绿素的降解,热处理可以有效延缓其降解过程,但不同热处理的效果有所不同,在实验所选择的各处理条件中,以处理3对叶绿素的保持情况最好。

2.2.4 不同热激处理对黄瓜果实硬度的影响 在整

个低温贮藏过程中,黄瓜的硬度呈现不断下降的趋势,但各组的下降程度不同。贮藏前期,各组别硬度下降平稳,并且处理组和对照组的硬度差异并不显著,到贮藏第6d,处理组1、处理组4和对照组硬度下降很快,这与观察到的冷害出现的时间一致。对照组在贮藏6d后开始显著低于热处理组($p<0.05$)。贮藏期结束时,处理2组与处理3组果实硬度均显著($p<0.05$)高于对照组,其中处理2、处理3效果较好,这与各组别冷害严重程度一致。乔勇进等^[11]的研究认为,贮藏前期硬度的下降是瓜体失水的结果,后期硬度的下降是由于冷害的发生,本实验结果与其研究结果一致。热处理对黄瓜冷害的发生有较好的抑制作用,在延缓硬度下降中处理2和处理3的差异不显著。

综合黄瓜低温贮藏品质的研究结果,认为热处理可以不同程度地改善黄瓜的品质,其中以处理3的效果最好。

2.3 不同热激处理对相对电导率和MDA含量的影响

植物受到冷害时,会导致细胞膜的膜透性增加甚至完全丧失,使细胞的电解质外渗,从而会引起组织浸泡液的电导率发生变化,且通常植物膜透性增大的程度与逆境下受到胁迫的强度有关。近年来的许多研究表明^[12-13],果蔬冷害与低温下活性氧代谢失调、启动膜脂过氧化有关。丙二醛(MDA)是膜脂过氧化分解的产物,通常将丙二醛作为膜脂过氧化的重要指标^[14],用来表示细胞膜脂过氧化程度和逆境伤害的强弱。

如图2所示,在经过不同热激处理之后于2℃低温贮藏,各处理组黄瓜的MDA含量在低温贮藏过程中呈现先上升后下降再上升的趋势,这与卢佳华等^[6]的研究结果一致。各处理组的MDA含量都出现了一个峰值,对照组和处理组4的MDA含量的高峰出现在低温贮藏3d后,处理1、处理2和处理3组的峰值

表2 不同热激处理对黄瓜果实贮藏品质的影响

Table 2 The effect on cucumber fruit storage quality of different heat shock treatment

组别	贮藏天数(d)	测定项目			
		TSS(%)	V _c (mg/100g)	叶绿素含量(mg/g)	硬度
处理1	0	4.10±0.10	20.02±0.28	0.519±0.043	12.23±0.25
	3	3.93±0.06a	21.47±0.56ab	0.486±0.057a	12.13±0.42a
	6	3.37±0.06b	23.41±0.74b	0.397±0.033a	11.6±0.20a
	9	3.03±0.12bc	19.53±1.01a	0.374±0.046ab	9.87±0.30c
	12	2.97±0.15b	15.16±1.01b	0.340±0.019a	9.67±0.15a
	15	3.13±0.06a	15.32±0.28b	0.239±0.062bc	9.37±0.15b
	18	2.98±0.15bc	12.90±0.56b	0.212±0.021bc	9.00±0.30bc
处理2	3	4.03±0.06a	20.50±0.74bc	0.459±0.038a	11.93±0.25a
	6	3.63±0.15a	24.06±1.12b	0.400±0.042a	11.13±0.12b
	9	3.20±0.10ab	19.85±0.84a	0.399±0.020ab	10.73±0.31b
	12	3.13±0.15ab	14.03±0.49bc	0.352±0.031a	10.73±0.55a
	15	2.97±0.06bc	14.84±0.28b	0.268±0.025ab	10.47±0.42a
	18	3.07±0.06ab	11.76±0.28c	0.237±0.051ab	9.87±0.83ab
处理3	3	3.93±0.06a	22.12±0.56a	0.486±0.038a	11.97±0.21a
	6	3.86±0.10c	24.58±1.28a	0.424±0.012a	11.37±0.21ab
	9	3.40±0.12bc	20.34±0.49a	0.415±0.020a	11.23±0.25a
	12	3.27±0.15a	17.59±0.74a	0.368±0.085a	10.60±0.35a
	15	3.10±0.10ab	16.13±0.28a	0.291±0.014a	10.67±0.50a
	18	3.27±0.12a	13.71±0.28a	0.265±0.016a	10.20±0.40a
处理4	3	3.73±0.06b	19.53±1.40c	0.427±0.019a	11.73±0.21a
	6	3.29±0.06a	19.69±0.28c	0.384±0.125a	11.47±0.31ab
	9	3.33±0.12a	18.88±0.84a	0.343±0.004b	10.43±0.06b
	12	3.07±0.12ab	13.22±0.74c	0.286±0.009b	9.73±0.42a
	15	2.87±0.06cd	12.41±0.28c	0.208±0.007cd	9.73±0.12b
	18	2.97±0.12bc	10.95±0.28d	0.193±0.037c	9.17±0.72abc
对照	3	3.47±0.12c	19.69±0.28c	0.447±0.023a	11.87±0.15a
	6	3.17±0.06c	21.15±1.22c	0.409±0.010a	10.70±0.17c
	9	2.87±0.06c	18.56±1.56a	0.341±0.020b	9.47±0.12c
	12	2.87±0.15b	11.76±0.28d	0.256±0.011b	9.27±0.42a
	15	2.80±0.10d	10.79±0.56d	0.189±0.015d	8.73±0.25c
	18	2.83±0.12c	9.98±0.28e	0.156±0.041d	8.17±0.06c

注: 同列不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)。

出现在低温贮藏6d后。此外, 对照组的峰值高达0.0047 $\mu\text{mol/L}$, 对照组和处理组2峰值显著 ($p < 0.05$) 高于处理3和处理组5, 处理组3的峰值仅为

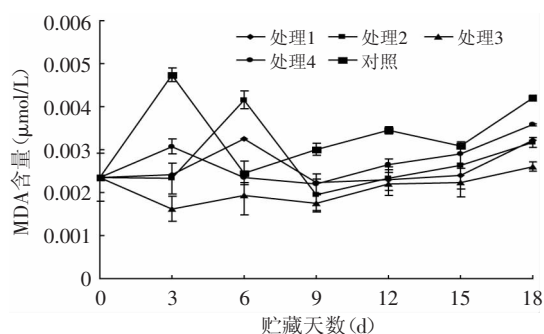


图2 低温贮藏过程中MDA含量变化

Fig.2 The changes of the content of MDA in the low temperature storage process

0.0019 $\mu\text{mol/L}$ 。对照组的MDA峰值出现的早, 峰值高, 说明对照组的膜脂过氧化程度最高, 热处理对推迟膜脂过氧化发生和降低膜脂过氧化程度起了一定作用。高峰出现后各组的MDA含量均呈现出上升趋势, 在贮藏期结束时, 对照组的MDA含量达到0.0042 $\mu\text{mol/L}$, 与各处理组差异显著 ($p < 0.05$), 其中, 处理3组的MDA含量最低, 与对照组相比低了38%。处理3能够在低温贮藏过程中维持较低的MDA含量, 在控制膜脂过氧化程度方面效果最好。

如图3所示, 在不同热激处理后, 各处理组黄瓜的相对电导率呈现上升趋势, 在贮藏前期上升缓慢, 且热处理组和对照之间差异不显著, 各组别在贮藏6d后迅速上升, 以对照组的增幅最大, 达到75.27%, 以处理3增幅最小, 仅为24.21%, 相对电导率的迅速升高与冷害的发生时间一致。在贮藏期结束时, 各组别的相对电导率从低到高分别为处理3、处理2、

处理4、处理1和对照,电导率的大小与冷害发生的严重程度一致。本实验结果与赵迎丽等^[15]在青椒上的实验结果一致。果蔬在受到低温胁迫后细胞膜会发生损伤导致膜透性增大,电解质外渗速率加快,由此可见,对照组的黄瓜受到的低温胁迫最严重,热处理组可以缓解低温贮藏过程中黄瓜所受到的低温胁迫。各处理组中,处理组3对细胞膜的保护效果最好。

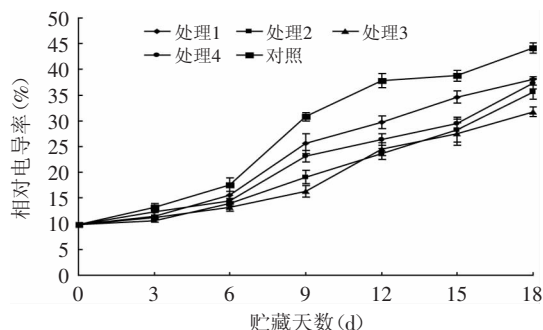


图3 低温贮藏过程中相对电导率变化

Fig.3 The changes of the relative electrolytic leakage in the low temperature storage process

2.4 不同热激处理对黄瓜可溶性蛋白含量的影响

对低温贮藏过程中各组别黄瓜果实的可溶性蛋白含量测定结果(见图4)分析,可以看出,热处理组在热激后的第3d,都出现了可溶性蛋白高峰,1、2、3、4处理组的峰值分别为0.262、0.283、0.295、0.272mg/g,以处理组3的峰值最高。在温贮藏过程中可溶性蛋白增加的可能与果实进入低温环境大量翻译产生蛋白质以自我保护有关^[16]。对照组未出现蛋白高峰,在整个贮藏期间可溶性蛋白含量持续减少,从贮藏开始的0.226mg/g下降为0.073mg/g,下降了67.7%。处理组的可溶性蛋白含量在贮藏3d后也呈现出下降趋势,到贮藏结束时,各组的可溶性蛋白含量分别下降了57.1%、50.4%、41.6%和61.5%。可溶性蛋白含量在出现高峰后下降可能是由于果实在低温下,蛋白质的降解速率大大超过了合成速率,也与受到冷害后合成蛋白质的酶系统受到损害,合成蛋白质的能力下降有关^[17]。实验结果表明,热处理能够延缓可溶性蛋白含量的下降,其中以处理3效果最好。

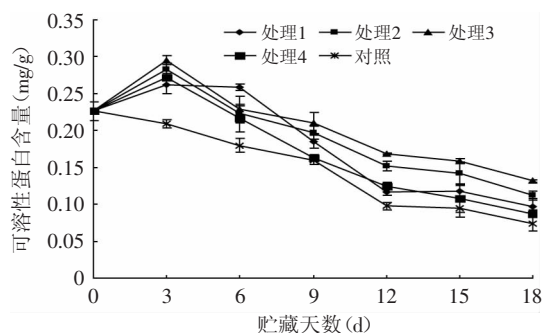


图4 低温贮藏过程中可溶性蛋白含量变化

Fig.4 The change of the soluble protein content in the low temperature storage processes

2.5 不同热激处理对黄瓜采后失重率的影响

果实采后由于蒸腾作用会导致水分含量逐渐降低,这部分自然损耗不仅会造成直接的经济损失,而且会引起鲜果的品质下降。黄瓜作为既可鲜食又可烹制的蔬菜品种,失水对其多汁脆嫩质地的影响更为明显。在黄瓜的采后处理中,应该尽可能地降低黄瓜果实的失水率。随着贮藏时间的延长,处理组和对照组的失重率在贮藏前期差异不显著,但在低温贮藏9d之后,对照组的失重率开始明显上升,在贮藏结束时(18d),对照组的失重率高达1.77%,显著高于处理组($p < 0.05$),处理组1失重率为1.50%、处理组2为1.35%、处理组3为1.31%、处理组4为1.46%,处理1和处理4之间没有明显差异,处理2和处理3对失水控制效果相近。这说明,热激处理可以有效地控制低温贮藏期间黄瓜果实的失水,这可能与热激处理能够较好地减轻和推迟黄瓜的冷害症状相关。

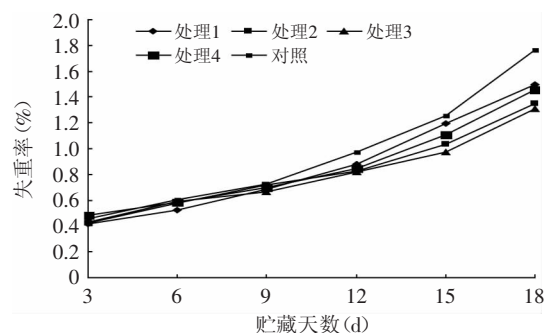


图5 低温贮藏过程中失重率变化情况

Fig.5 The changes of weightlessness rate during low temperature storage

2.6 不同热激处理对黄瓜冷害指数的影响

黄瓜的冷害症状表现为表皮出现大小不一的凹陷斑,后期出现水浸状斑点,严重时会出现霉变及腐烂^[18]。如图6所示,通过对低温贮藏过程中冷害指数的研究表明,热处理可以明显延缓和减轻低温贮藏过程中黄瓜的冷害的发生。对照组在贮藏后第3d后就开始出现冷害,冷害指数为0.05。贮藏第6d,处理组1和处理组4出现冷害症状。处理组2在第9d观察到发生冷害,而处理组3则到第12d才发现明显冷害。贮藏18d时,对照组的冷害指数已达到0.3,而热处理组均

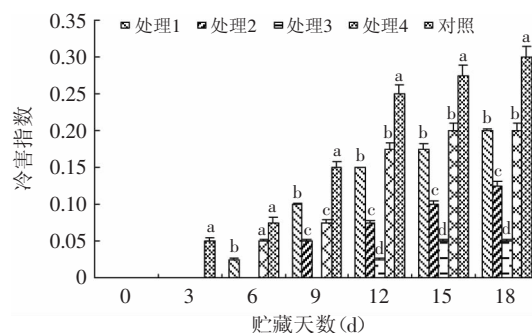


图6 热激对低温贮藏过程中冷害指数的影响

Fig.6 The effect of heat shock on chilling injury index in the process of low temperature storage

控制在0.2以下,其中以处理组3的冷害指数最低,仅为0.05,分别比处理组1、处理组2和处理组4降低了0.15、0.075和0.15。由此可见,热处理对抑制黄瓜冷害的发生具有明显效果,但是不同的热处理效果差异很大,其中以处理组3,即用42℃热水处理10min对冷害的抑制效果最好,适宜作为黄瓜低温贮藏的热处理条件。

3 结论与讨论

3.1 在通常认为合适的热激温度范围(35~50℃)内^[19],不同的热激方式、温度及时间会对黄瓜造成不同的影响,可能是由于黄瓜表皮极薄,通常适用于果蔬的热激处理条件不宜直接用于黄瓜,黄瓜对于热激处理条件要求苛刻。实验结果表明,热空气处理的组别霉变率较低,但长时间的高温热水处理容易造成黄瓜霉变,这可能与黄瓜自身的耐受力 and 生理特性有关^[20],长时间的高温热水处理可能已经对黄瓜造成了热伤害或生理紊乱,从而降低了对病原菌的抵抗力。长时间的高温热空气处理容易对黄瓜造成烫伤,烫伤症状为黄色凹陷斑点,此外还有褪绿、瓜头膨大现象出现。不同热处理条件对黄瓜的外观品质特性的保持效果差异较大。在所设计的热激条件中,37℃热水处理5min、42℃热水处理5min、42℃热水处理10min、37℃热空气处理6h的组别能够很好地保持黄瓜自身品质,其色泽、气味均较好,失水少,无烫伤,在所筛选的15个处理组中比较适合用作黄瓜热激处理条件。

3.2 热激处理可以较好地保持黄瓜贮藏品质,显著抑制黄瓜低温贮藏过程中冷害的发生。热激处理可以有效地控制低温贮藏期间黄瓜果实的失水,这可能与热激处理能够较好地减轻和推迟黄瓜的冷害症状相关。此外,热激处理能够延缓黄瓜细胞膜渗透率的增加和MDA的积累,防止可溶性蛋白含量降低,这与前人的研究结果一致^[10]。

3.3 实验结果表明,在所筛选的热激处理方式和温度时间组合中,以42℃热水处理10min对处理黄瓜的贮藏品质和冷害防治效果最好,经处理的果实能较好的保持果实硬度、可溶性固形物含量和可溶性蛋白含量的下降,延缓叶绿素的分解,除此之外,较其他组别显著抑制细胞膜渗透率增加和MDA含量的积累,这可能与低温贮藏过程中能够减轻冷害症状和延缓衰老有关。

3.4 虽然实验结果显示,热激处理能对低温贮藏下的供试黄瓜的贮藏品质起到改善作用,并对冷害防治起到较好效果,但是热激处理对冷害防治的机理研究尚不十分透彻,仍需要从DNA、RNA以及蛋白质代谢、采后果蔬衰老机制及激素平衡等多方面进行深入系统的研究。对于不同黄瓜品种的热激条件选择上的差异性也缺乏探讨。此外,关于热激处理是否

会对黄瓜的香气成分、质构特性等造成不良影响的研究几乎为空白。在今后的研究中需要从上述方面进行深入系统的研究,更好地服务于科研和生产。

参考文献

- [1] 冯志宏,王春生.降低桃果实冷敏性的研究进展[J].食品科学,2009,30(9):230-234.
- [2] Ferguson I B, Ben Y S, Vlitcham E J, et al. Postharvest heat treatments: introduction and workshop Summary[J]. Postharvest Biology and Technology, 2000, 21(1):1-6.
- [3] Woolf A B, Wakins C B, Bbowen J H, et al. Reducing external chilling injury in stored 'Hass' avocados with dry heat treatments[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1995, 120(6):1050-1056.
- [4] 杨绍兰. 1-MCP处理对黄瓜冷藏期间保鲜效果的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(6):70-72.
- [5] 罗自生. 热激减轻柿果冷害及其与脂氧合酶的关系[J]. 果树学报, 2006, 23(3):454-457.
- [6] 卢佳华, 张敏, 谢晶, 等. 低温胁迫下黄瓜果实膜透性和保护酶活性的变化[J]. 广东农业科学, 2012, 39(22):42-44.
- [7] 陈建华, 张敏, 车贞花, 等. 不同贮藏温度及时间对黄瓜果实冷害发生的影响[J]. 食品工业科技, 2012(9):394-397.
- [8] 李军. 钼蓝比色法测定还原型维生素C[J]. 食品科学, 2000, 21(8):42-45.
- [9] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [10] 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.
- [11] 乔勇进, 冯双庆, 赵玉梅. 热处理对黄瓜冷害及生理生化的影响[J]. 食品科学, 2003, 24(1):131-135.
- [12] Lee D H, Lee C B. Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays[J]. Plant Science, 2000, 159(1):75-85.
- [13] 王新华. 黄瓜低温适应性评价方法的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2000.
- [14] 赵世杰, 许长成, 邹琦. 植物组织中丙二醛测定方法的改进[J]. 植物生理学, 1994, 30(3):207-210.
- [15] 赵迎丽, 王春生, 郝利平. 青椒果实低温贮藏及冷害生理的研究[J]. 山西农业大学学报, 2003, 23(2):129-132.
- [16] 冯磊. "大久保"水蜜桃采后冷害生理及防治措施研究[D]. 南京:南京农业大学, 2004.
- [17] 张桂梅. 低温对玉米幼苗蛋白代谢的影响[J]. 内蒙古农业科技, 1994(4):6-8.
- [18] 寇晓虹, 李玲, 韩娜, 等. 热处理减轻黄瓜冷害作用机理的研究[J]. 食品工业科技, 2006(11):164-166.
- [19] 李正国, 罗爱民, 岳红, 等. 采后热处理对果蔬贮藏的效应[J]. 四川果树, 1997, 25(1):27-28.
- [20] 乔勇进, 冯双庆, 赵玉梅, 等. 黄瓜对热处理的耐受性及生理反应[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版, 2003, 24(2):70-74.

《食品工业科技》愿为企业铺路、搭桥!