

贮藏温度对鲜切胡萝卜贮藏品质的影响

兰璞¹, 刘斌², 贾凝³, 刘云飞², 高元惠³, 张玲³, 巩玉芬², 陈存坤^{3,*}

(1. 天津市农业科学院, 天津 300384; 2. 天津商业大学, 天津 300134; 3. 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津), 农业农村部农产品贮藏保鲜重点实验室, 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要: 研究不同贮藏温度对鲜切胡萝卜贮藏品质的影响。以鲜切胡萝卜为试材, 采用 0(冰温)、4、7、10℃不同温度进行贮藏, 通过测定失重率、可溶性糖、菌落总数及感官评价等指标, 探究不同贮藏温度对鲜切胡萝卜贮藏品质的影响。结果表明, 冰温贮藏食用贮藏期可以达到 16 d, 而 4、7、10℃分别是 12、9、5 d, 并基于试验数据, 回归了鲜切胡萝卜贮藏期与贮藏温度的关系式, 发现两者呈负相关关系, 并不符合温度系数 Q_{10} 的指数规律。综上所述, 在 0℃(冰温)贮藏条件下能够较好的维持鲜切胡萝卜的贮藏品质及感官

关键词: 贮藏温度; 鲜切; 胡萝卜; 贮藏品质; 菌落总数

Effect of Storage Temperature on Storage Quality of Fresh-cut Carrots

LAN Pu¹, LIU Bin², JIA Ning³, LIU Yun-fei², GAO Yuan-hui³, ZHANG Ling³, GONG Yu-fen², CHEN Cun-kun^{3,*}

(1. Tianjin Academy of Agricultural Sciences, Tianjin 300384, China; 2. Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China; 3. National Engineering Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products, Key Laboratory of Storage of Agricultural Products, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products, Tianjin 300384, China)

Abstract: The effects of different storage temperatures on the storage quality of fresh-cut carrots were studied. Fresh-cut carrots were stored at 0 (ice temperature), 4, 7, 10℃. The effects of different storage temperatures on the storage quality of fresh-cut carrots were investigated by measuring the weight loss rate, soluble sugar, total number of colonies and sensory evaluation. The results showed that the ice temperature storage could reach 16 days, while 4, 7, 10℃ were 12, 9, 5 days respectively. Based on the experimental data, the relationship between storage period and storage temperature of fresh-cut carrots was regressed, and it was found that there was a negative correlation between them, which did not conform to the exponential law of temperature coefficient Q_{10} . To sum up, the storage quality and sensory of fresh-cut carrots could be well maintained at 0℃ (ice temperature).

Key words: storage temperature; fresh cut; carrots; storage quality; total number of colonies

引文格式:

兰璞, 刘斌, 贾凝, 等. 贮藏温度对鲜切胡萝卜贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(24): 168-172

LAN Pu, LIU Bin, JIA Ning, et al. Effect of Storage Temperature on Storage Quality of Fresh-cut Carrots[J]. Food Research and Development, 2020, 41(24): 168-172

基金项目: 十三五重点研发计划(2016YFD0400903-05、2018YFF0213605-2); 天津市林果现代产业技术体系创新团队(ITTFPRS2018009)

作者简介: 兰璞(1987—), 男(汉), 助理研究员, 硕士, 研究方向: 植物保护及植物产品贮藏保鲜。

* 通信作者: 陈存坤(1981—), 男(汉), 副研究员, 博士, 研究方向: 农产品低温物流与保鲜。

蔬菜水果富含多种维生素,营养丰富,具有抗氧化性,可以有效预防多种慢性疾病^[1]。随着人们生活水平的提高,节奏的加快,鲜切果蔬越来越受到了人们的欢迎,鲜切果蔬是一种已经去皮、切分成可食用的,经包装后可以给消费者提供健康、营养、便利,同时也可以保持新鲜的果蔬产品^[2]。近年来快递业的发展以及蔬菜配送中心的建立,为鲜切果蔬的发展提供了有利的条件,鲜切果蔬将成为果蔬采后产业发展的新方向和果蔬增值的新领域^[3]。胡萝卜作为一种最为常用的蔬菜,在鲜切蔬菜领域具有重要的地位^[4]。Parthasarathy 等研究了鲜切胡萝卜在清洗时游离氯的变化,提出了相应的预测方程^[5];B Pace 等研究了 4℃条件下不同包装对鲜切胡萝卜贮藏品质的影响,发现气调包装贮藏期可以达到 14 d^[6];Mehmet 等研究了超声处理对真空条件下切分胡萝卜中的耐寒菌和中温菌生长的影响,发现超声处理对菌落生长有明显的抑制作用^[7];Shigematsu Elke 等研究了可食包装膜对加工胡萝卜的影响,发现可食包装可以减少菌落形成单位(colony-forming units, CFU)的增长量^[8];Chen 等研究了 H₂S 对切分胡萝卜表面发白的抑制作用,发现 H₂S 可以减少 H₂O₂ 和脂氧化,从而维持颜色^[9];Giovanna Rossi Marquez 等研究了蛋白质和果胶膜对切分胡萝卜的影响,发现蛋白质和果胶膜可以延长贮藏期^[10]。从以上的研究可以明显发现,大多数研究集中于处理工艺的影响,对鲜切胡萝卜贮藏期研究较少。本文针对鲜切胡萝卜在不同温度下的贮藏期进行了研究,提出了贮藏期预测方程,对切分胡萝卜的销售具有一定的意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜胡萝卜:天津市红桥区菜市场。

氯化钠、乙酸乙酯、萘酮、蔗糖(均为分析纯):天津市江天统一科技有限公司;平板菌落计数琼脂培养基:天津市江天化工技术有限公司;柠檬酸、壳聚糖、二氧化氯速效泡腾片:广州华星化工科技有限公司;聚二氯乙烯(polyvinyl dichloride, PVDC)保鲜膜(22 cm×20 m):市售;3M Petrifilm 菌落总数检测片:美国 3M 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验过程

以新鲜胡萝卜为试材,进行清洗、去皮、切分、杀菌、护色涂膜、包装等一系列鲜切处理,制成鲜切胡萝卜。具体操作要点为:用清水冲洗胡萝卜,洗掉表皮污泥,手工去皮,切成厚度 3 mm、大小适中的胡萝卜片,

之后在 ClO₂ 杀菌剂中浸泡 10 min,脱水后用清水冲洗 2 遍,在柠檬酸、壳聚糖混合配制的护色液中浸泡 5 min,滤去涂膜液,胡萝卜片自然风干,用保鲜膜和塑料托盘进行包装(每盘约 30 g)后,分别在 0(冰温)、4、7、10℃不同温度进行贮藏,通过测定失重率、可溶性糖、菌落总数、V_C 含量、总酚含量、总胡萝卜素含量等指标,探究不同贮藏温度对鲜切胡萝卜贮藏品质的影响。另外,鲜切处理过程中使用的水均为饮用水,切分用具及包装托盘均经过杀菌处理。

1.2.2 失重率测定

称量各个样品贮藏前后的质量变化来计算样品失重率,计算公式如(1),称 3 次取平均值。

$$\text{失重率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中: m_1 为贮藏前的质量,g; m_2 为贮藏后的质量,g。

1.2.3 可溶性糖含量测定

采用萘酮试剂法^[11]进行测定,结果以%计。

1.2.4 菌落总数测定

菌落总数按照 GB 4789.2-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》^[12]进行测定。另外,通过 3M Petrifilm 菌落总数检测片的方法快速检测,对比两种检测方法以此提高结果的准确度。

1.2.5 V_C 含量测定

采用 2, 6-二氯靛酚滴定法^[13],单位为 mg/100 g,每次取样 3.0 g,结果以鲜质量计。

1.2.6 总酚含量测定

总酚含量的测定采用福林酚比色法^[14],以每千克鲜胡萝卜中的没食子酸质量来表示,单位为 mg/kg。

1.2.7 总胡萝卜素含量测定

总胡萝卜素含量的测定参照朱惠文等^[15]的方法,单位为 mg/100 g,结果以鲜质量计。

1.2.8 数据分析

采用 Microsoft Office Excel 2016 进行统计,Origin 2018 绘图,并用 SPSS 18.0 软件进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同贮藏温度对鲜切胡萝卜失重率的影响

不同贮藏温度对鲜切胡萝卜失重率的影响见图1。

由图 1 可知,在整个贮藏期间,4 个处理组的失重率均呈上升的趋势,且随着温度的升高,失重率也越大。其中 10℃条件下贮藏的鲜切胡萝卜的失重率最大,从贮藏初期到贮藏末期始终高于其他贮藏条件,且贮藏到第 18 天时,鲜切胡萝卜已经严重腐败,失去商品价值。7℃条件下贮藏的胡萝卜的失重率略低于

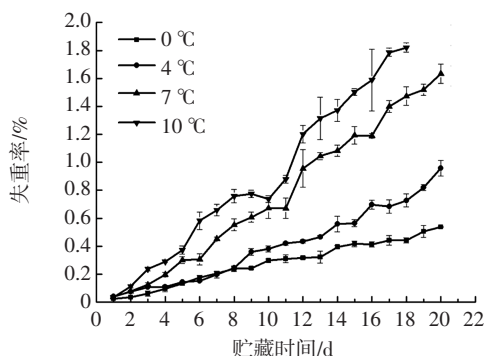


图1 不同贮藏温度对鲜切胡萝卜失重率的影响

Fig.1 Different storage temperature on the fresh cut carrot weightlessness rate

10 °C, 在0~3 d与4 °C条件下贮藏的胡萝卜的失重率差异性不大($P>0.05$),此后,4个温度之间的失重率差异变化增大,到贮藏末期时,10 °C条件下失重率高达1.83%,与4 °C贮藏条件相比,差异水平极显著($P<0.01$)。从总体上看,4 °C贮藏的鲜切胡萝卜较7 °C和10 °C相比,失重率处于较低水平,但整体相比较0 °C贮藏条件,失重率仍有所增加。在前8 d时,4 °C和0 °C的失重率变化趋势几乎一致;在13 d时,两者失重率显著性差异仍旧不大($P>0.05$);第14天以后两者失重率变化明显拉开距离($P<0.05$);在贮藏结束时,4 °C条件下鲜切胡萝卜的失重率为0.95%,而0 °C条件下失重率仅为0.48%,是贮藏结束时失重率下降最低的。

2.2 不同贮藏温度对鲜切胡萝卜可溶性糖含量的影响

不同贮藏温度对鲜切胡萝卜可溶性糖含量的影响见图2。

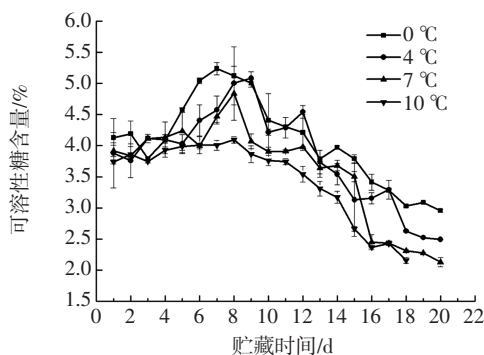


图2 不同贮藏温度对鲜切胡萝卜可溶性糖含量的影响

Fig.2 Different storage temperature on the influence of the soluble sugar content in fresh cut carrot

由图2可知,在整个贮藏期间,鲜切胡萝卜的可溶性糖含量呈先升高后下降的趋势,在第7天~第9天时4种温度条件下的可溶性糖含量均达到了最大值,随后逐渐减少,表明胡萝卜代谢发生的生理反应及表面微生物繁殖,均使可溶性糖分解,从而转化成能

量,导致4种贮藏条件可溶性糖含量先上升后逐渐下降。在贮藏18 d后,胡萝卜可溶性糖均呈现显著性差异($P<0.05$), $0\text{ °C}>4\text{ °C}>7\text{ °C}>10\text{ °C}$ 。而且由图2可知,贮藏期间各组可溶性糖含量与温度的高低成反比,贮藏温度越高,可溶性糖的含量越低。因此,0 °C条件下的鲜切胡萝卜可溶性糖含量为最高,而10 °C条件下含量最低,而且贮藏末期,10 °C贮藏的胡萝卜已失去贮藏意义。

2.3 不同贮藏温度对鲜切胡萝卜菌落总数及感官品质的影响

不同贮藏温度对鲜切胡萝卜菌落总数的影响见图3。

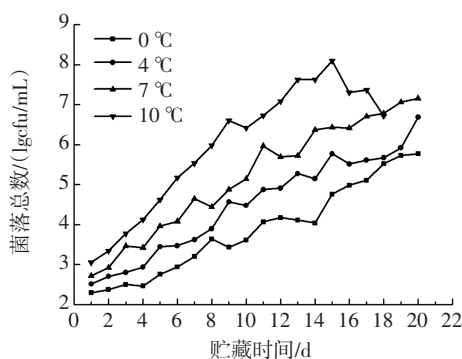


图3 不同贮藏温度对鲜切胡萝卜菌落总数的影响

Fig.3 Effects of different storage temperatures on the total number of colonies of fresh-cut carrots

图3是不同贮藏温度条件下鲜切胡萝卜在整个贮藏期间内菌落总数的变化,从贮藏初期到贮藏末期4个试验组菌落总数均呈现出逐渐上升的趋势,但10 °C试验组的菌落总数在14 d之后减少,可能是因为到贮藏后期微生物死亡较多的原因。由图3可知,4个不同温度条件的试验组,温度越高,其菌落总数越多。其中0 °C和4 °C贮藏条件下,鲜切胡萝卜菌落总数增长较缓慢,始终低于10 °C、7 °C贮藏条件。在本试验贮藏初期,4个试验组的菌落总数比较少,约为2 lgcfu/mL~3 lgcfu/mL之间,这表明本试验中4种不同的贮藏温度均对菌落的生长起到抑制作用,延长了鲜切胡萝卜的贮存期。

不同温度贮藏期间鲜切胡萝卜的感官变化见图4。

从图4可以看出,在整个贮藏期间4个处理组的鲜切胡萝卜感官评分逐渐下降,在整个贮藏期间各组胡萝卜均一直处于显著性变化的过程中($P<0.05$)。尤其在0 °C和4 °C条件下,感官评分上无显著性的差别;但在7 °C和10 °C条件下,两者的感官评分较低,均明显低于0 °C和4 °C的贮藏条件($P<0.05$)。而且从第6天开始,感官评分下降速度较快,4组整体变化均较为显

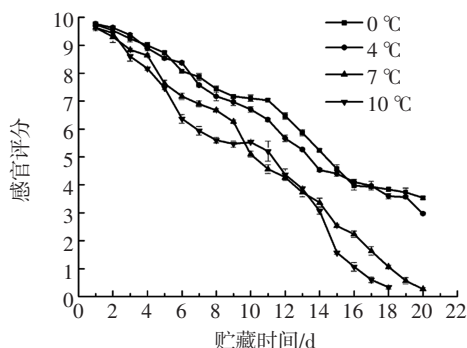


图4 不同温度贮藏期间鲜切胡萝卜的感官变化

Fig.4 Sensory changes of fresh-cut carrots during storage at different temperatures

著($P<0.05$);从整个贮藏期来看,10 °C条件贮藏的鲜切胡萝卜感官评分低于7 °C,可能是10 °C条件更容易加速营养物质的分解。贮藏第11天~第13天时,虽然两者评分相比较总体趋势而言发生了颠倒,但并未产生显著性差异($P>0.05$),可能是鲜切胡萝卜的个体差异的原因。在贮藏末期,7 °C与10 °C条件下的鲜切样品分别在第18天和第20天时发生完全腐败,感官评分为0分,失去经济价值和贮藏意义。

综合以上4个不同温度贮藏条件下的鲜切胡萝卜的品质变化和感官变化规律,可以判断出0、4、7、10 °C,4个不同温度贮藏条件下的贮藏期限分别为:16、12、9、5 d,相对应的时间-温度曲线见图5。

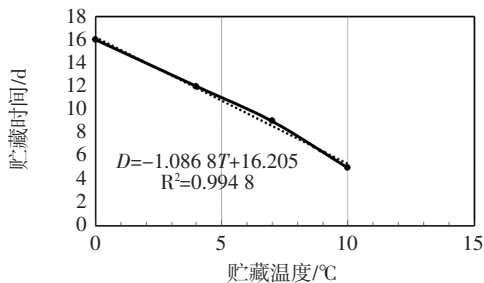


图5 贮藏时间与贮藏温度的关系

Fig.5 Relationship between storage time and storage temperature

根据以上试验数据,可以回归出贮藏期与贮藏温度的关系式,如式(2)。

$$D = -1.086 8T + 16.205, R^2 = 0.994 8 \quad (2)$$

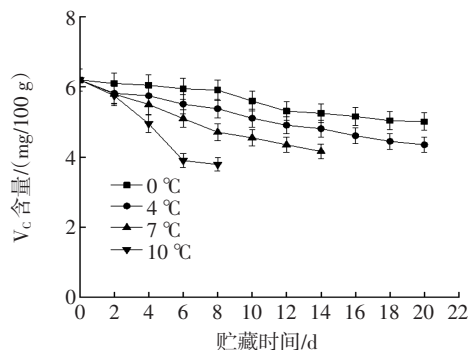
式中: D 为贮藏时间,d; T 为贮藏温度,°C。

从式(2)中可以看出,鲜切胡萝卜的贮藏期与温度系数(Q_{10})并不呈现指数变化规律。

2.4 贮藏温度对鲜切胡萝卜 V_c 含量的影响

贮藏温度对鲜切胡萝卜 V_c 含量的影响见图6。

如图6所示,在贮藏期间4个不同贮藏温度的鲜切胡萝卜中 V_c 含量逐渐降低,温度越高, V_c 流失越快。与初始值相比,在贮藏结束时0、4、7、10 °C 4组

图6 不同温度贮藏期间鲜切胡萝卜 V_c 含量的变化Fig.6 Changes of V_c content in fresh-cut carrots during storage at different temperatures

不同的处理组 V_c 含量分别下降了16.1%、26.4%、32.3%和37.9%。其中在0、4 °C的贮藏温度下鲜切胡萝卜 V_c 含量流失最少,7 °C和10 °C流失较多,说明低温贮藏有助于保持鲜切胡萝卜中 V_c 含量。

2.5 贮藏温度对鲜切胡萝卜总酚含量的影响

贮藏温度对鲜切胡萝卜总酚含量的影响见图7。

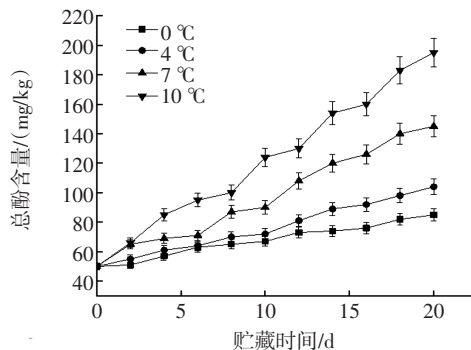


图7 不同温度贮藏期间鲜切胡萝卜中总酚含量的变化

Fig.7 Changes of total phenol content in fresh-cut carrots during storage at different temperatures

由图7可知,在整个贮藏期间各处理组鲜切胡萝卜的总酚含量逐渐增加。其中,10 °C条件下胡萝卜的总酚含量变化速度最快;7 °C条件下样品总酚含量次之,而4 °C和0 °C条件下处理组的变化速度较慢;至贮藏期末,0、4、7、10 °C 4种贮藏条件下的样品总酚含量分别是初值的1.7、2.08、2.9、3.9倍,贮藏温度与总酚含量成正比,温度高导致总酚含量高。

2.6 贮藏温度对鲜切胡萝卜总胡萝卜素含量的影响

贮藏温度对鲜切胡萝卜总胡萝卜素含量的影响见图8。

胡萝卜中胡萝卜素含量丰富且营养价值非常高。但经过去皮、切分会造成胡萝卜中的胡萝卜素直接暴露于空气中,从而导致胡萝卜素直接与空气中的氧气和光直接接触而自动氧化,从而使胡萝卜中的总胡萝卜素含量降低^[16],如图8所示,胡萝卜中的总胡萝卜素的

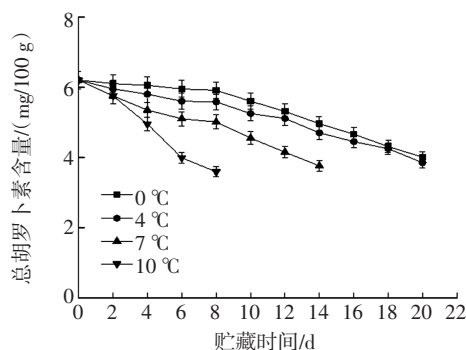


图8 不同温度贮藏对鲜切胡萝卜中总胡萝卜素含量的影响

Fig.8 Effect of storage at different temperatures on total carotene content in fresh-cut carrots

初始含量为 6.2 mg/100 g,随着贮藏时间的延长,鲜切胡萝卜中总胡萝卜素含量呈下降趋势。10 °C条件下贮藏 8 d 后,鲜切胡萝卜的总胡萝卜素含量就已经下降到初始含量的 57.9%。7 °C条件下贮藏 14 d,鲜切胡萝卜的总胡萝卜素含量就已经下降到初始含量的 60.6%。4 °C 和 0 °C 条件下,鲜切胡萝卜的总胡萝卜素含量在贮藏期内下降缓慢,并始终高于 10、7 °C 贮藏的胡萝卜素含量,由此可以说明低温贮藏能延缓鲜切胡萝卜中胡萝卜素的损失,更好地维持胡萝卜的营养成分。

3 结论与讨论

通过不同贮藏温度对鲜切胡萝卜贮藏品质的研究可知,4 种不同贮藏温度条件下,鲜切胡萝卜的失重率随贮藏期的延长而呈现出上升的趋势,同时与贮藏温度成正比,温度越高,失重率越大;较低温度的贮藏有利于维持鲜切胡萝卜中 V_c 含量的稳定,降低胡萝卜素的损失,减少总酚的生成。另外,在整个贮藏期间,4 个不同贮藏温度的鲜切胡萝卜可溶性糖含量均呈现出先上升后下降的趋势,在 7 d~9 d 时可溶性糖含量达到最大值,之后到贮藏末期,可溶性糖含量呈下降的趋势;4 个温度条件下的鲜切胡萝卜的菌落总数均呈现出逐渐升高的趋势,到贮藏后期,菌落总数的增加趋于平稳,在贮藏末期,可能是由于微生物的大量死亡,菌落总数出现下降,所拟合的贮藏时间和贮藏温度关系式为鲜切胡萝卜的销售时间提供可靠的科学依据。综上所述,在 0 °C (冰温)贮藏条件下,采用 PVDC 保鲜膜包装能够较好的维持鲜切胡萝卜的贮藏品质及感官。

参考文献:

[1] Kaur C, Kapoor H C. Antioxidants in fruits and vegetables—the mil-

lennium's health[J]. International Journal of Food ence & Technology, 2001, 36(7):703-725

- [2] Oliveira M, Abadias M, Usall J, et al. Application of Modified Atmosphere Packaging as a safety approach to fresh-cut fruits and vegetables—A review[J]. Trends in Food ence & Technology, 2015, 46(1):13-26
- [3] 陈言楷, 陆东和. 切割果蔬保鲜研究现状及发展趋势[J]. 福建果树, 2003, 1(1):24
- [4] 马跃. 鲜切胡萝卜生理生化代谢特性的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010
- [5] Srinivasan P, Abnavi M D, Sulak A, et al. Towards enhanced chlorine control: Mathematical modeling for free chlorine kinetics during fresh-cut carrot, cabbage and lettuce washing[J]. Postharvest Biology and Technology, 2020, 161:111092
- [6] Pace B, Capotorto I, Cefola M, et al. Evaluation of quality, phenolic and carotenoid composition of fresh-cut purple Polignano carrots stored in modified atmosphere[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2019, 86:103363
- [7] Mehmet Y F, Ersus B S. Ultrasound-assisted vacuum impregnation on the fortification of fresh-cut apple with calcium and black carrot phenolics[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2018, 48:509-516
- [8] Shigematsu E, Dorta C, Fábio J Rodrigues, et al. Edible coating with probiotic as a quality factor for minimally processed carrots[J]. Journal of food science and technology, 2018, 55(9):3712-3720
- [9] Chen C, Hu W, Zhang R, et al. Effects of hydrogen sulfide on the surface whitening and physiological responses of fresh-cut carrots[J]. Journal of the ence of Food and Agriculture, 2018, 98 (12):4726-4732
- [10] Rossi Marquez G, Di Pierro P, Mariniello L, et al. Fresh-cut fruit and vegetable coatings by transglutaminase-crosslinked whey protein/pectin edible films[J]. LWT—Food Science and Technology, 2017, 75:124-130
- [11] 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
- [12] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定: GB 4789.2-2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [13] 任丽芳, 李军. 贮藏温度对鲜切胡萝卜品质的影响[J]. 食品科技, 2014, 39(5):30-33
- [14] Abdipour M, Sadat Malekhossini P, Hosseini Farahi M, et al. Integration of UV irradiation and chitosan coating: A powerful treatment for maintaining the postharvest quality of sweet cherry fruit[J]. Scientia Horticulturae, 2020, 264: 109197
- [15] 朱惠文, 汤静, 金鹏, 等. 贮藏温度对鲜切胡萝卜品质及总酚和 γ -氨基丁酸含量的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(9):213-219
- [16] Li P, Barth M M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly processed carrots Postharv[J]. Postharvest Biology and Technology, 1998, 14(1):51-60

收稿日期: 2020-09-07