

北京地区主要生菜品种的耐藏性研究

郭振龙¹ 杨肖飞² 周婧² 刘建新² 杜东升^{1,3,4} 付劭¹ 陈湘宁^{1,3,4,*}

(1.北京农学院食品科学与工程学院,北京 102206;

2.北京市裕农优质农产品种植公司,北京 101400;

3.农产品有害微生物及农残检测与控制北京市重点实验室,北京 102206;

4.食品质量与安全北京实验室,北京 102206)

摘要:为比较北京地区10种常见生菜品种(橡生2号、奶油、紫罗、紫叶、大速生、罗马、红菊苣、结球、罗莎红、罗莎绿)的耐藏性,通过感官评价,分析不同品种生菜在贮藏期间的外观品质变化,并对其失重率、叶绿素含量、呼吸强度、相对电导率、PPO酶进行了测定。研究表明:综合各项生理生化指标,10种生菜耐藏性由弱到强依次为:橡生2号<紫叶<奶油<大速生<紫罗<罗莎红<罗莎绿<结球<红菊苣<罗马散叶生菜<球生菜<直立生菜;叶片较厚且成抱状的结构更有利于减弱其呼吸和蒸腾作用,增强耐藏性。

关键词:北京,生菜,品种,耐藏性

Study on the storability of main breeds of lettuce produced in Beijing

GUO Zhen-long¹, YANG Xiao-fei², ZHOU Jing², LIU Jian-xin²,

DU Dong-sheng^{1,3,4}, FU Mai¹, CHEN Xiang-ning^{1,3,4,*}

(1.Department of Food Science and Engineering, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China;

2.Beijing Yunong High Quality Cultivation of Agricultural Products Company, Beijing 101400, China;

3.Beijing Laboratory of Food Quality and Safety, Beijing 102206, China;

4.Beijing Key Laboratory of Detection and Control of Spoilage Organisms and Pesticide Residue in Agricultural Products, Beijing 102206, China)

Abstract: In order to understand the difference of resistance to storage in different breeds of lettuce in Beijing region, sensory quality, weight loss rate, chlorophyll content, respiration intensity, relative conductivity, PPO activity were measured in 10 main varieties (Xiang Sheng 2 Hao, Nai You Zi Luo, Zi Ye, Da SuSheng, Luo Ma, Hong JuJu, Jie Qiu, Luo ShaHong, Luo ShaLv). The result showed that during the storage period, according to the index analysis in Beijing area, the order of storage property from weak to strong was Xiang Sheng 2 Hao, Zi Ye, Nai You, Da SuSheng, Zi Luo, Luo ShaHong, Luo ShaLv, Jie Qiu, Hong JuJu and Luo Ma, while loose leaf lettuce was the worst with a bad quality, globular lettuce was in the middle, erect lettuce had a best storage property. The thicker and shape structure of leaf was more favorable to weaken the respiration and transpiration and enhance the storage property.

Key words: Beijing; lettuce; breed; storage property

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)09-0304-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.09.050

叶用莴苣俗称生菜(var. ramosa Hort), 菊科莴苣属, 草本作物一年生或二年生, 是叶类蔬菜中较重要的一个种类, 不仅在我国消费量大, 也深受欧洲国家人们的喜爱, 早已成为大众蔬菜^[1], 具有利尿和促进血液循环等功效^[2], 适宜维生素缺乏、肥胖神经衰弱等患者食用^[3]。

随着生物科技的进步, 生菜的种类也越来越丰富, 不同品种的生菜不仅具有不同的形态特征, 其耐藏性也不尽相同, 生菜品种之间的耐藏性差异已成为生菜保鲜技术进一步发展的瓶颈。国内外对生菜采后的耐藏性研究主要集中在温度^[4-7]、湿度^[7]、保鲜剂^[8-10]、气体^[11-15]和成熟度^[16-17]等因素对贮藏期的影

收稿日期: 2016-10-01

作者简介: 郭振龙(1991-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程, E-mail: gzl199108@163.com。

* 通讯作者: 陈湘宁(1972-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工及贮藏工程, E-mail: chenxiangning@bua.edu.cn。

基金项目: 北京市属高等学校高层次人才引进与培养计划(CIT&TCD20150315); 即用鲜切菜生产及安全管理体的建立及应用(20160126)。

响等领域,对品种相关的研究主要集中于生长过程^[18-19],对生菜采后因品种引起的耐藏性差异研究未见报道。由于品种形态和有机物组成的不同,不同品种生菜在贮藏过程中的呼吸作用和蒸腾作用存在一定差异,因此所采取的保质、保鲜方法具有较大的盲目性,对其货架期的控制也难以达到预期的效果。本文拟以北京地区10种常见生菜品种(橡生2号、奶油、紫罗、紫叶、大速生、罗马、红菊苣、结球、罗莎红、罗莎绿)为试材,研究比较不同品种生菜在同一环境条件下采后生理和衰老指标的变化规律,从而得出耐藏性的差异,旨在为进一步研究特定地区的不同生菜品种之间的耐藏性。研究能够为进一步有针对性的保鲜技术、杀菌处理和运输等提供理论基础和技术借鉴,并为生菜保鲜过程提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

橡生2号、奶油、紫罗、紫叶、大速生、罗马、红菊苣、结球、罗莎红、罗莎绿 共10种生菜,均为同一天采摘于北京金六环农业种植园,采收当天进行相关的处理与观测,挑选新鲜、清洁、大小均匀、无机械伤和病虫害的生菜;无水乙醇、丙酮、正己烷、抗坏血酸、氢氧化钠、氯化钠、双氧水 均为分析纯(AR),北京化工厂;愈创木酚、磷酸氢二钠、磷酸二氢钠 均为分析纯(AR) 北京市红星化工厂。

TU-1810型紫外可见分光光度计 北京普析通用仪器有限公司;DW-HW138型超低温冰箱 北京奥赛利科技发展有限公司;L530型台式低速离心机 湖南赫西仪器装备有限公司;AL204型电子天平、FE20型实验pH计 梅特勒-托利多仪器有限公司;GXH-3051型果蔬呼吸测定仪 北京均方理化科技研究所;DDS-307A型电导率测定仪 雷磁仪器有限公司;KQ-500DE型超声波清洗机 昆山市超声仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 生菜前处理 实验所用生菜样品均在冷链条件下由北京金六环农业种植园运输至北京农学院食品科学与工程学院冷库,预冷至(4±1)℃,并在(4±1)℃、相对湿度95%条件下贮藏12d,每隔一天取样并测定感官、失重率、叶绿素含量、呼吸强度、相对电导率、PPO酶活性,实验重复三次,取平均值。

1.2.2 生菜贮藏期间理化指标测定方法

1.2.2.1 失重率的测定 采用称量法:对第0d的生菜进行称量,记录下初始数据,之后每隔一天称量每种样品的质量,每组平行实验三次。

$$W(\%) = \frac{W_0 - W_n}{W_0} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中,W为失重率(%);W₀为第0d鲜重(g);W_n为第n d鲜重(g)。

1.2.2.2 叶绿素含量的测定 参考文献[20]的方法,按式(2)计算叶绿素的含量。

$$H = 6.91A_{662} + 15.6A_{644} \quad \text{式(2)}$$

式中,H为叶绿素含量(mg/kg);A₆₆₂为叶绿素溶

液在波长为662 nm处的吸光值;A₆₄₄为叶绿素溶液在波长为644 nm处的吸光值。

1.2.2.3 呼吸强度的测定 利用呼吸强度测定仪,按式(3)计算呼吸强度。

$$Q = \frac{F \times 60 \times C}{22.4} \times \frac{44}{W} \times 10^{-6} \times \frac{273}{273 + T} \quad \text{式(3)}$$

式中,Q为呼吸强度,(mg CO₂/(kg·h));F为气体流速(mL/min);C为CO₂浓度(μL/L);W为被测芹菜的重量(kg);T为测定温度(℃)。

1.2.2.4 相对电导率的测定 参考文献[21]的方法进行,相对电导率按式(4)计算。

$$C(\%) = \frac{P_1 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100 \quad \text{式(4)}$$

式中,C为相对电导率(%);P₀为初始去离子水电导率(S);P₁为轻轻振荡3 h后的电导率(S);P₂为振荡3 h后在沸水浴中加热5 min冷却后的电导率(S)。

1.2.2.5 PPO活性的测定 参考文献[22]的方法进行测定,420 nm处每5 s记录1次吸光值,时间共3 min,以每克样品吸光值变化0.01来表示1个酶活力单位[U/(g·min)]。

1.2.2.6 感官评价 参考文献[23]的方法并改进。评分小组由10名专业人员组成。采用9分制进行评分,最高9分,最低1分。对照0 d的综合指标定为9分,感官评价人员对不同品种生菜的苦涩感、脆度、纤维感、硬度和汁液感分别进行评分,取得分的平均值作为最终的感官评分。当分值平均数达到或者小于5时,样品被认为是不能接受的。

1.3 数据处理

采用GraphPad Prism 5.0以及SPSS 18.0进行数据处理和显著性分析。

2 结果与分析

2.1 贮藏期间不同生菜品种失重率的差异

蔬菜的鲜重是影响蔬菜商品价值的一个重要指标。不同品种叶用生菜失重率的变化如图1所示,10种生菜在贮藏期内的失重率均呈现上升趋势。贮藏至12 d,橡生2号和紫叶萎蔫程度最大,失重率分别上升到49.25%和46.87%;罗马和红菊苣拥有较好的商品脆性,失重率仅分别上升到37.00%和37.10%;10种生菜失重率由小至大的顺序依次为:罗马<红菊苣<结球<罗莎绿<奶油<紫罗<罗莎红<大速生<紫叶<橡生2号,罗马的失重率仅为橡生2号的75%,蒸腾作用最低,持水效果最佳。分析其原因可能是叶片相对较薄软且成扇形结构的品种水分蒸腾面积大、通道短,失重率上升较快;而球形结构的结球和红菊苣则较好地降低了水分蒸腾;罗马的叶片较厚且紧簇,这在一定程度上相对较好地保持了水分。

方差分析显示,10种生菜失重率变化无显著性差异(p>0.05),说明贮藏期间,各组失重率变化差异较小。但从失重率绝对值变化大小来看,贮藏至12 d,橡生2号的失重率最大,持水能力最弱,耐藏性最差。

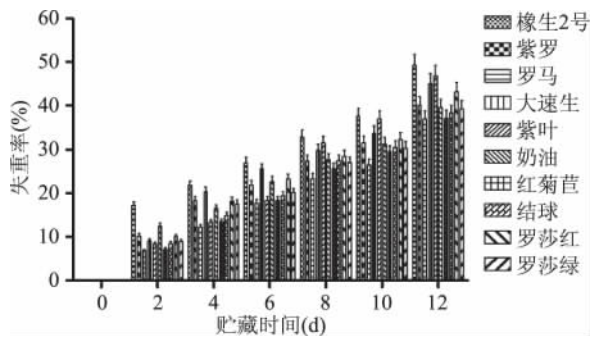


图1 不同生菜品种失重率的变化

Fig.1 Changes in the weight loss rate of the different varieties of lettuce

2.2 贮藏期间不同生菜品种叶绿素含量的变化

叶绿素是蔬菜中一种重要色素,其与蔬菜采后商品性状好坏具有密切的相关性。所以人们常常以叶绿素含量多少作为绿色蔬菜是否新鲜的一个评价标准。不同品种生菜间叶绿素含量的变化如图2所示。贮藏期内,10种生菜的叶绿素含量均呈现先上升后下降趋势,罗马生和罗莎绿的叶绿素含量均保持在较高水平,而橡生2号和结球叶绿素含量较低。贮藏期至12d,结球叶绿素含量仅减少了9.18%,而紫罗的叶绿素含量下降了29.96%,10种生菜叶绿素减少率由小至大的顺序依次为:结球<红菊苣<紫叶<大速生<罗马<橡生2号<奶油<罗莎绿<罗莎红<紫罗,结球生菜的叶绿素减少率最小,就这一指标来看,其商品性最好。分析其原因可能是贮藏初期扇形叶片均开始蒸腾失水使叶绿素含量有所增加,后期叶片呼吸作用增强消耗自身物质导致叶绿素下降。

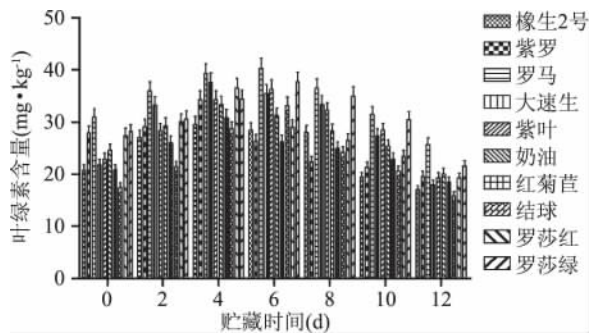


图2 不同生菜品种叶绿素含量的变化

Fig.2 Changes in the chlorophyll content of the different varieties of lettuce

方差分析显示,10种生菜叶绿素含量变化差异达到极显著性水平($p < 0.01$),说明贮藏期间,各组叶绿素含量变化差异较大。紫罗叶绿素含量变化与罗马叶绿素含量变化差异极显著($p < 0.01$)。同时,罗马叶绿素含量变化与橡生2号、红菊苣、结球的叶绿素含量变化差异均达到极显著水平,与奶油、罗莎红叶绿素含量变化差异显著($p < 0.05$)。贮藏至12d,紫罗的叶绿素减少幅度最大,仅从这一指标来看,耐藏性最差。

2.3 贮藏期间不同生菜品种呼吸强度的变化

如图3所示,不同生菜品种呼吸强度的变化趋

势均为先升后降,其中奶油和橡生2号在贮藏期的第4d出现峰值,其次是紫叶和大速生在贮藏第6d出现峰值说明第6d后这两种生菜也开始进入衰老阶段,其他品种均在第8d左右出现峰值后进入衰老阶段。奶油、橡生2号和紫叶的呼吸强度从一开始就高于其他品种一直保持在较高水平,说明其生理生化反应较为活跃,而罗马的呼吸强度一直处于较低水平。贮藏至12d,奶油的呼吸强度为 $294 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$,而罗马的呼吸强度仅为奶油的55%,10种生菜呼吸强度由大至小依次为:奶油>橡生2号>紫叶>大速生>紫罗>罗莎红>罗莎绿>红菊苣>结球>罗马。呼吸作用越高,营养物质消耗就越多,也就越不利于保持新鲜。

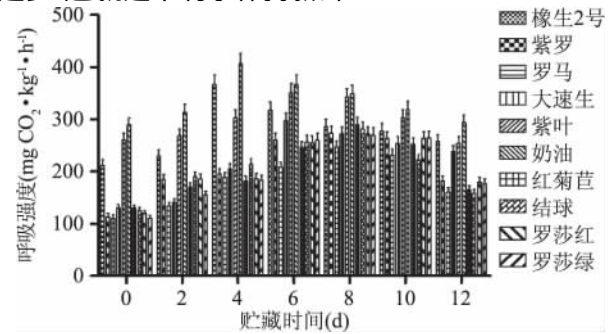


图3 不同生菜品种呼吸强度的变化

Fig.3 Changes in the respiration intensity of the different varieties of lettuce

方差分析显示,10种生菜呼吸强度变化差异达到极显著性水平($p < 0.01$),说明贮藏期间,各组叶绿素含量变化差异较大。奶油呼吸强度变化与橡生2号和紫叶呼吸强度变化之间无显著差异($p > 0.05$),与其它7种生菜的呼吸强度变化均达到极显著水平($p < 0.01$)。大速生呼吸强度仅与奶油、橡生2号、紫叶呼吸强度变化差异极显著($p < 0.01$)。贮藏至12d,罗马呼吸强度最小,奶油和橡生2号较大,仅从这一指标来看,罗马耐藏性较好,奶油和橡生2号的耐藏性较差。

2.4 贮藏期间不同生菜品种相对电导率的变化

相对电导率和细胞完整性成正比,蔬菜细胞内膜结构破坏会导致透性增加,细胞组织液渗出。细胞完整性也是蔬菜是否新鲜的一个重要指标。不同生菜品种贮藏期内相对电导率的变化如图4所示,各品种贮藏期内的相对电导率均呈上升趋势。贮藏至12d,橡生2号相对电导率最大,为55.24%;其次是奶油生,为橡生2号的89.13%;相对电导率上升幅度最小的是罗马,且罗马的相对电导率最小,仅为橡生2号的34.88%。贮藏至12d,相对电导率增高绝对值由大至小依次为:橡生2号>奶油>紫叶>大速生>罗莎红>结球>紫罗>罗莎绿>红菊苣>罗马。

方差分析显示,10种生菜之间相对电导率变化差异不显著($p > 0.05$)。橡生2号相对电导率变化和紫罗、罗马、红菊苣、结球、罗莎绿的相对电导率变化均差异显著($p < 0.05$)。大速生的相对电导率变化最小,且仅与橡生2号的相对电导率差异显著

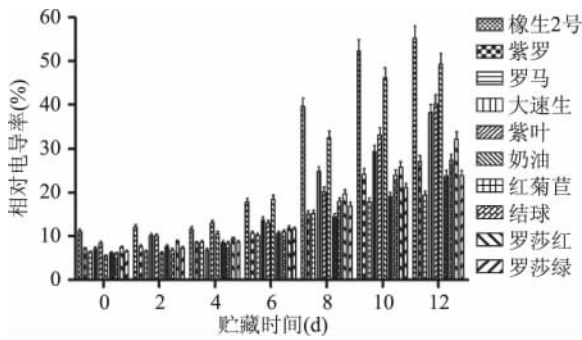


图4 不同生菜品种相对电导率的变化

Fig.4 Changes in the relative conductivity rate of the different varieties of lettuce

($p < 0.05$)。贮藏至 12 d 橡生 2 号的相对电导率增高最多,说明其细胞膜透性大大增加,膜完整性破坏程度最大,仅从相对电导率指标来看,其贮藏性最差。

2.5 贮藏期间不同生菜品种 PPO 活性的变化

在生菜组织中,PPO 是与内囊体膜结合在一起的,天然状态无活性,PPO 会因组合的损伤而被活化,是褐变的重要指标之一^[24]。不同生菜品种贮藏期内 PPO 活性的变化如图 5 所示,贮藏至 12 d,奶油和橡生 2 号的 PPO 活性均高于其它品种。奶油和大速生的 PPO 活性峰值出现在 4 d,说明 4 d 左右出现腐败现象。贮藏至 12 d,罗马的 PPO 活性变化幅度最小且活性最低,其活性仅为橡生 2 号的 62%。10 种生菜 PPO 活性由大至小依次为:橡生 2 号 > 奶油 > 大速生 > 紫罗 > 紫叶 > 罗莎红 > 结球 > 罗莎绿 > 红菊苣 > 罗马。

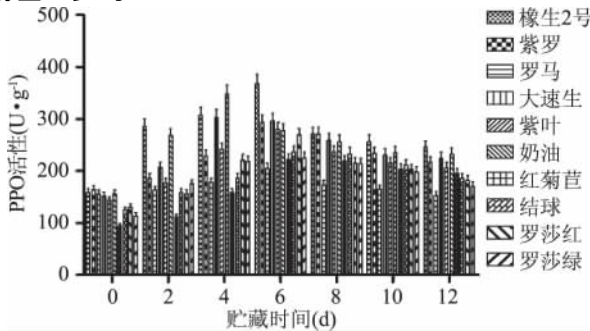


图5 不同生菜品种 PPO 活性的变化

Fig.5 Changes in the PPO activity of the different varieties of lettuce

方差分析显示,10 种生菜 PPO 活性变化差异达到极显著性水平($p < 0.01$),说明贮藏期间,各组之间的 PPO 活性变化幅度差异较大。橡生 2 号的 PPO 活性变化和奶油、大速生、紫罗的 PPO 活性变化差异不显著($p > 0.05$),与紫叶的 PPO 活性变化差异显著($p < 0.05$),与罗莎红、结球、罗莎绿、红菊苣和罗马的 PPO 活性变化差异极显著($p < 0.01$)。同时,罗马的 PPO 活性变化和紫罗、大速生、奶油的 PPO 活性变化差异显著($p < 0.05$)。贮藏至 12 d,橡生 2 号的 PPO 活性最大,间接反映其褐变程度较深,腐败进程最快,仅从 PPO 活性指标来看,其耐藏性最差。

2.6 贮藏期间不同生菜品种感官品质的变化

不同生菜品种在贮藏期内的感官评价平均得分

如图 6 所示,5 分为生菜是否具有商品性的界限,叶用生菜的感官指数低于 5 分则表示该生菜不再具有商品性。橡生 2 号生菜在贮藏期的第 6 d 感官评价指数为 4.5 分,失去商品性;贮藏至 8 d,紫罗的感官评价指数为 4.7 分,失去商品性;贮藏至 12 d,商品性保持较好的品种为罗马,感官评分为 5.9 分;红菊苣感官评分为商品界限的 5 分,其余品种均失去商品性,10 种生菜的平均感官评分由低至高依次为:橡生 2 号 < 紫罗 < 紫叶 < 罗莎红 < 大速生 < 奶油 < 罗莎绿 < 结球 < 红菊苣 < 罗马。因此,就感官评分这一指标来看,罗马贮藏期较长,贮藏期内商品性保持较好。

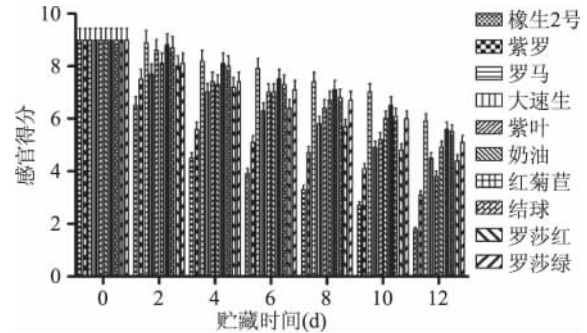


图6 不同生菜品种感官品质的变化

Fig.6 Changes in the sensory quality of the different varieties of lettuce

方差分析显示,10 组间感官差异达到显著水平($p < 0.05$),说明贮藏期间,各组之间的感官品质差异较大。橡生 2 号感官评分与紫罗感官评分差异不显著($p > 0.05$),但与其他组均达到显著水平。罗马感官评分与橡生 2 号感官评分差异极显著($p < 0.01$),与紫罗感官评分差异显著($p < 0.05$)。贮藏至 12 d,橡生 2 号感官品质变化幅度最大,仅从感官指标来看,耐藏性最差,紫罗次之。

3 结论

通过综合分析失重率、叶绿素、呼吸强度、相对电导率、PPO 活性等生理生化指标以及感官评分,初步证实所选的北京地区 10 种生菜的耐藏性存在差异,10 种生菜的耐藏性由弱到强的顺序依次为:橡生 2 号 < 紫叶 < 奶油 < 大速生 < 紫罗 < 罗莎红 < 罗莎绿 < 结球 < 红菊苣 < 罗马。

叶片较薄、较软、叶茎比例较小的生菜品种,水分蒸腾作用较快,失水较快,生理生化反应较活跃,耐藏性最差;簇状结构叶片的生菜品种,叶绿素的损失较少,呼吸强度较低,耐藏性中等;叶片较厚且成抱状结构的生菜品种,耐藏性最佳。

参考文献

[1] A B Martin-Diana, D Rico, J Frias, et al. Effect of calcium lactate and heat-shock on texture in fresh-cut lettuce during storage [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77 (4): 1069-1077.
[2] Daniel Rico, Ana B Martin-Diana, Catherine Berry-Ryan. Optimization of steamer jet-injection to extend the shelf-life of

fresh-cut lettuce [J]. *Postharvest Biology and Technology* 2008, 48(3): 431-442.

[3] 陆国岐. 罗莎红等生菜品种繁育及生产关键技术 [J]. *上海蔬菜* 2011(5): 14-15.

[4] 鲁莉莎, 乔勇进, 段丹萍. 热处理对鲜切生菜生理生化品质的影响 [J]. *江西农业大学学报* 2010, 32(3): 451-457.

[5] 徐晓霞, 陈安均, 桑伟娜, 等. 不同温度贮藏鲜切生菜腐败细菌的分离及鉴定 [J]. *食品与发酵工业* 2016, 42(1): 53-58.

[6] Martin-Diana A B, Rico D, Barry-Ryan C, et al. Emery of steamer jet-injection as alternative to chlorine in fresh-cut lettuce [J]. *Postharvest Biology and Technology* 2007, 45(1): 97-107.

[7] 孙婧, 李媚, 石英. 温湿度条件对生菜失重率及可溶性固形物变化的影响 [J]. *食品科学* 2010, 31(21): 193-196.

[8] 张林青, 朱露露. 大蒜乙醇提取液对生菜贮藏效果的影响 [J]. *北方园艺* 2016(11): 135-137.

[9] 焦莉, 王大平. 赤霉素对生菜保鲜的品质影响研究 [J]. *安徽农业科学* 2013, 41(1): 324-325.

[10] 吴涛, 辛松林, 王绍胜, 等. 天然生物保鲜剂 Nisin 应用蔬菜保鲜研究-以生菜为例 [J]. *四川烹饪高等专科学校学报*, 2011(6): 32-36.

[11] Baldassarre V, Spinardi A, Cocetta G, et al. Use of chlorophyll a fluorescence for the evaluation of quality of minimally processed lettuce stored in controlled atmosphere [J]. *Italus Hortus* 2010, 17(3): 92-97.

[12] Escalona V H, Verlinden B E, Geysen S, et al. Changes in respiration of fresh-cut butter head lettuce under controlled atmospheres using low and super atmospheric oxygen conditions with different carbon dioxide levels [J]. *Postharvest Biology and Technology* 2006, 39(1): 48-55.

[13] Charles F Sanchez J, Gontard N. Modeling of active modified

atmosphere packaging of endives exposed to several postharvest temperatures [J]. *Journal of Food Science*, 2005, 70(8): E443-E449.

[14] Roversi R M. Quality of minimally processed crisp head lettuce packaged under modified atmosphere [J]. *Ciencia E Agrotecnologia* 2004, 28(4): 823-830.

[15] Segall K I, Scanlon M G. Design and analysis of a modified-atmosphere package for minimally processed romaine lettuce [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1996, 121(4): 722-729.

[6] 石蕊, 陈湘宁, 许丽, 等. 不同成熟度对散叶生菜采后生理品质的影响 [J]. *安徽农业科学* 2014, 42(12): 3700-3703.

[7] Shewfelt R L. *Postharvest handling: A systems approach* [M]. Second edition San Diego: Academic Press, 2009: 461-477.

[18] 陈文昊, 徐志刚, 刘晓英, 等. LED 光源对不同品种生菜生长和品质的影响 [J]. *西北植物学报* 2011, 31(7): 1434-1440.

[19] 宋云鹏, 刘凯歌, 龚繁荣. 不同生菜品种育苗耐热的综合评价 [J]. *浙江农业学报* 2015, 2: 176-181.

[20] 梁慧锋, 张英锋, 马子川. 焯烫时间对绿叶菜中叶绿素含量影响的研究 [J]. *渤海大学学报* 2010, 31(1): 6-9.

[21] M V Agüero, A G Ponce, MR Moreira, et al. Lettuce quality loss under conditions that favor the wilting phenomenon [J]. *Postharvest Biology and Technology* 2011, 59(2): 124-131.

[22] 饶先军, 刘升, 王则金, 等. 结球生菜多酚氧化酶动力学特性研究 [J]. *食品工业科技* 2011(9): 80-82.

[23] V Rizzo, G Muratore. Effects of packaging on shelf life of fresh celery [J]. *Journal of Food Engineering*, 2009, 90(1): 124-128.

[24] 张引成, 雷云, 王志英, 等. 二氧化碳气调包装对鲜切结球莴苣贮藏品质和生理的影响 [J]. *食品科学* 2012, 33(8): 318-322.

(上接第 256 页)

温度为 46 ℃, 提取时间为 48 min, 在此条件下黑果枸杞原花青素得率可达 4.315%, RSD 为 1.5%, 高于前期提取工艺优化后 2.990% 的得率^[12]。优化后的工艺安全、操作简单, 为黑果枸杞中原花青素的提取工业化提供了重要的参考依据。

参考文献

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志(第六十七卷第一分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1978: 10.

[2] Plump GW, Depascual TS, Santos BC, et al. Antioxidant properties of catechins and proanthocyanidins: effect of polymerisation, galloylation and glycosylation [J]. *Free Radic Res*, 1998, 29(4): 351.

[3] 张绘芳, 李霞, 王建刚, 等. 塔里木河下游植物群落结构特征分析 [J]. *生态环境* 2007, 16(4): 1219-1224.

[4] 刘新民. 维吾尔药志(下) [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999: 478-485.

[5] 汪洋, 丁龙, 王四清. 不同产地黑果枸杞中原花青素和花青素含量研究 [J]. *食品工业科技* 2016(13): 122-126.

[6] 王建明, 李早慧. 高效液相法测定视力健咀嚼片中原花青素的含量 [J]. *中国医药导刊* 2012, 14(1): 167-168.

[7] 张妍, 吴秀香. 原花青素研究进展 [J]. *中药药理与临床*, 2011(6): 112-116.

[8] 董晓敏. 葡萄籽原花青素的提取、抑菌活性及其对鸡肉保鲜研究 [D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2015.

[9] 陈月英, 王彦平, 孙瑞琳, 等. 葡萄皮渣原花青素微波辅助提取工艺的优化及其抗氧化活性研究 [J]. *北方园艺*, 2016(11): 123-126.

[10] 孙楠, 杜连平, 孙跃宁, 等. 黑果枸杞、枸杞、黑加仑中原花青素含量对比研究 [J]. *食品与药品* 2013(4): 275-277.

[11] 张岩波, 王东东, 张全礼. 若羌人工种植黑果枸杞原花青素含量的测定 [J]. *新疆农垦科技* 2016(2): 46-47.

[12] 任小娜, 陈志梅, 曾俊, 等. 黑果枸杞中原花青素提取条件的优化与含量测定 [J]. *食品与发酵工业*, 2015(1): 147-150.

[13] 任小娜, 迪丽努尔, 陈志梅, 等. 黑果枸杞中原花青素稳定性和抗氧化性研究 [J]. *湖北农业科学*, 2016(14): 3697-3700.