

不同材料协同蓄冷剂对草莓呼吸速率等生理指标的影响

卢芳芳, 张岩*, 王保营, 郭梦如, 丁艳红, 康星雅

(河南牧业经济学院 包装与印刷工程学院, 郑州 450046)

摘要: **目的** 研究3种不同包装材料结合蓄冷剂对草莓保鲜效果的影响。**方法** 采用正交实验法, 分别将表面积为300、375、450 cm²的聚乙烯(polyethylene, PE)、聚丙烯(polypropylene, PP)、聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)薄膜与不同袋数的蓄冷剂组合, 对草莓进行包装, 同时将包装后的草莓贮藏于同种环境条件下, 定期对草莓的呼吸速率、失重率、可溶性固形物、pH等进行测定, 探究各种生理指标的变化。**结果** 运用综合评分法分析, 最佳组合为验证组, 实验5 d后, 验证组包装的草莓的失重率为6.15%±0.20%, 可溶性固形物含量为6.00%±0.10%, pH为4.44±0.06。**结论** 薄膜材料协同蓄冷剂可以将草莓的贮藏期延长2~3 d。

关键词: 包装薄膜材料; 草莓保鲜; 蓄冷剂

Effects of different materials and cold storage agents on respiratory rate and other physiological indexes of strawberries

LU Fang-Fang, ZHANG Yan*, WANG Bao-Ying, GUO Meng-Ru, DING Yan-Hong, KANG Xing-Ya

(Department of Packaging and Printing Engineering, Henan University of Animal Husbandry & Economy, Zhengzhou 450046, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the effects of 3 kinds of different packaging materials combined with cold storage agents on the preservation effect of strawberries. **Methods** The polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyvinyl chloride (PVC) film with surface area of 300, 375, 450 cm² and different bags of cold storage agents were matched to package the strawberries by orthogonal experiment method, and the packaged strawberries were stored under the same environmental conditions. Respiratory intensity, weight loss rate, soluble solids, pH of these strawberries were regularly measured to explore the changes of various physiological indicators. **Results** The best combination was the validation group the comprehensive scoring method, and after 5 days of experiment, weight loss rate of strawberries packaged in the validation group was 6.15%±0.20%, soluble solids content was 6.00%±0.10%, and pH was 4.44±0.06. **Conclusion** The storage period of strawberries can be prolonged by 2–3 days by the combination of film and cold storage agent.

KEY WORDS: packaging film materials; strawberries preservation; cold storage agents

基金项目: 河南省科技攻关项目(212102110195)

Fund: Supported by the Project of Science and Technology of the Henan Province (212102110195)

*通信作者: 张岩, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品保鲜包装。E-mail: yanzhang12@yeah.net

*Corresponding author: ZHANG Yan, Ph.D, Associate Professor, Henan University of Animal Husbandry & Economy, No.6, Longzihu Road, Zhengdong District, Zhengzhou 450046, China. E-mail: yanzhang12@yeah.net

0 引言

草莓果实中富含维生素 C 等多种营养物质,具有丰富的营养价值及保健作用,是一种适于多年龄段人群食用的水果,因此一直以来有“水果皇后”的称号^[1]。然而,草莓具有果皮脆弱、组织柔嫩、采后呼吸强度大等生理特点,易受到机械损失和微生物侵染,这限制了其销售半径和生产规模的发展^[2]。

现存的草莓保鲜技术主要是利用低温、气调、涂膜等方式为草莓提供保鲜条件^[3]。国内有学者研究表明,采用蓄冷剂保温箱包装的草莓,草莓中心温度上升缓慢,可为果蔬提供低温贮藏环境,提高果蔬的保鲜效果^[4-5]。然而,由于影响草莓生理性能的因素较多,蓄冷剂仅提供一个低温环境,且持续的低温时间有一定限制,而采后的草莓仍然有呼吸作用。不同包装材料密封的草莓,会产生不同的透气量和透湿量^[6],进而影响内部的气体氛围,改变草莓的呼吸强度,影响草莓的保鲜效果。

本研究以草莓为研究对象,考察不同包装材料及不同材料表面积、不同蓄冷剂袋数对其贮藏品质的影响,通过研究其呼吸速率及其他生理指标,以期对草莓的保鲜储运提供新的依据或解决方案。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

草莓(郑州广迪草莓采摘园市场);聚乙烯(polyethylene, PE)、聚丙烯(polypropylene, PP)、聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)薄膜(河南埃文森贸易有限公司);甘露醇、硼砂(分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司);碳酸钠(分析纯,天津市永大化学试剂有限公司);羧甲基纤维素(carboxy methyl cellulose, CMC)(分析纯,上海市阿拉丁工业有限公司)。

1.2 仪器与设备

DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器(巩义市予华仪器有限责任公司);DR-3020 动态果蔬呼吸测定仪(北京广渡漫想科技有限公司);TD-32 手持折光仪(上海勃基仪器仪表有限公司);SX-620 pH 计(上海三信仪表厂);HST-H3 热封机(济南兰光机电技术有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 包装袋及蓄冷剂的制备

将 PE、PP、PVC 薄膜分别裁剪,用热封机将薄膜材料热封为表面积为 300、375、450 cm² 的尺寸的包装袋。

蓄冷剂选用傅仰泉等^[7]研制的适于草莓保鲜的蓄冷剂配方,其由一定质量分数的甘露醇、碳酸钠、硼砂、CMC 组成。用磁力搅拌器搅拌均匀,置冰箱备用。

1.3.2 正交实验设计

挑选大小均一、无病虫害、无机械损伤的健康草莓。每组包装袋中装入质量为 100 g 大小均一的草莓,草莓与蓄冷剂的质量比采用 7:3^[8]。待正交实验设计后,将蓄冷剂分装为 1~3 袋,每袋约 45 g,进行热封。

将薄膜种类(A)、薄膜的表面积(B)以及蓄冷剂袋数(C)作为正交实验因素,每种因素有 3 个水平。其中,薄膜种类的 3 个水平为 PE、PP、PVC;薄膜表面积的 3 个水平为 300、375、450 cm²;蓄冷剂袋数的 3 个水平为 1、2、3 袋。依据魏国东等^[9]的实验方法,将草莓的失重率、感官评价、呼吸速率、pH、可溶性固形物作为考察指标进行多指标正交实验设计。

结合正交实验助手^[10]选择 L₉(3⁴)正交表,3 种实验因素相互结合,如表 1 所示。

表 1 正交实验表
Table 1 Orthogonal experimental table

因素	A	B/cm ²	C/袋
实验 1 组	PE	300	1
实验 2 组	PE	375	2
实验 3 组	PE	450	3
实验 4 组	PP	300	2
实验 5 组	PP	375	3
实验 6 组	PP	450	1
实验 7 组	PVC	300	3
实验 8 组	PVC	375	1
实验 9 组	PVC	450	2

将每组装填、封口处理后的薄膜包装组设置 3 个平行样,置于聚苯乙烯(expanded polystyrene, EPS)泡沫箱中贮藏,目的是为蓄冷剂提供相对稳定的温度环境。将这些实验组置于同等环境下,贮藏 4 d 后,对 9 个实验组中草莓的失重率、感官评价、果汁 pH、可溶性固形物指标进行测定。将每一实验组的 3 个平行样作为一个批次,即实验批次为 9 批,详细记录每批次实验的数据。分析得出最佳实验组后,对其进行验证实验。

1.3.3 保鲜性能测试

(1) 失重率

失重率采用称重法^[11],公式如(1)所示

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

式中: m_1 、 m_2 分别代表草莓贮藏前的质量与草莓贮藏后的质量,单位为 g。

(2) 感官评价

选择 5 名受过统一培训且身体健康的观察者,为草莓打出感官品质的分数,其中包括对草莓外观、色泽、气味的打分,满分采用 10 分制,去除最高分及最低分进行求平均,具体评分标准^[12]见表 2。

表 2 感官品质评分标准
Table 2 Sensory quality evaluation standard

评分	外观	色泽	气味	质地
8.1~10.0	有光泽	颜色鲜艳	浓郁果香味	弹性丰满
6.1~8.0	部分失水	轻微变色	轻微果香味	稍软
4.1~6.0	失水较重	颜色加深	稍有酸腐味	稍软无弹性
2.1~4.0	部分腐烂	颜色变暗	些许酒精味	变质
0.0~2.0	全部腐烂	颜色发黑	严重酒精味	严重软烂

(3)呼吸速率

将正交实验组的 9 组包装草莓, 使用动态果蔬呼吸测定仪进行测定 48 h, 测定包装内氧气以及二氧化碳百分数含量的数据, 利用呼吸公式(2)、(3)计算果实的呼吸速率^[13-14]。

$$R_{O_2} = \frac{([O_2]_{t_1} - [O_2]_{t_2}) \times V}{100M \times (t_2 - t_1)} \quad \text{式(2)}$$

$$R_{CO_2} = \frac{([CO_2]_{t_2} - [CO_2]_{t_1}) \times V}{100M \times (t_2 - t_1)} \quad \text{式(3)}$$

式中: $[O_2]_{t_1}$ 、 $[O_2]_{t_2}$ 、 $[CO_2]_{t_1}$ 、 $[CO_2]_{t_2}$ 分别为测量开始、结束时氧气和二氧化碳的体积分数, %; R_{O_2} 、 R_{CO_2} 分别是氧气消耗速率和二氧化碳的生成速率, mL/(kg·h); t_1 、 t_2 分别为测量开始及结束的时间, h; V 为容器体积, mL; M 为草莓质量, kg。

(4)果汁 pH

测试之前, 草莓除去果柄, 将果实切成小块形状并称重, 与相等质量的蒸馏水放入榨汁机中, 高速点动榨成草莓果汁。将果汁倒入烧杯中, 使用 pH 酸度计测定果汁的 pH 并记录。

(5)可溶性固形物

将草莓除去果柄, 用纱布挤压过滤草莓果汁, 用滴管吸取果汁, 采用手持折光仪对果汁可溶性固形物含量进行测试并记录数据。草莓贮藏期间的生理代谢活动会直接影响可溶性固形物的含量, 草莓成熟后, 随着草莓贮藏时间的延长, 草莓果实中细胞的呼吸及水解作用会消耗可溶性固形物, 可溶性固形物含量呈下降趋势。可溶性固形物与果蔬成熟度密切相关, 是评价果蔬品质的指标之一^[15]。

1.4 数据统计与分析

每组实验均进行 3 次重复实验, 实验结果用 SPSS 20.0 单因素分析法(analysis of variance, ANOVA)进行统计分析, 统计结果 $P < 0.05$ 认为差异显著。

2 结果与分析

2.1 正交实验组结果

2.1.1 排队评分法

排队评分法, 综合考虑每一项的指标优劣, 排序后给出评分值^[16]。在结果分析中, 设定失重率、pH、呼吸速率数值越小越好, 感官评价、可溶性固形物分数数值越大越好, 实验结果见表 3。如 pH 的数值#3 组别最小, 定为 10 分, #6 组别最大, 定为 1 分, 其他依据比例进行计算。

2.1.2 综合评分法

该正交实验属于多指标的正交实验, 对于结果分析, 可以采用综合评分法。综合评分法是根据某些规则将多个指标转换为单个指标, 对每个指标的重要性进行全面比较, 为每组实验结果评估一个综合得分, 并将该得分用作统计分析的单个指标, 排队评分法、公式评分法和回归评分法是常用的评分方法。表 4 为使用综合评分法获得的实验综合得分。

表 3 正交实验设计及结果
Table 3 Orthogonal experimental design and results

实验组别	ABC	失重率/%	pH	呼吸速率/[mL/(kg·h)]	感官评价/分	可溶性固形物含量/%
#1	111	14.35±0.95 ^e	3.96±0.04 ^e	1.30±0.08	3.3±0.1 ^f	6.6±0.1 ^c
#2	122	17.86±1.03 ^d	4.10±0.05 ^b	1.37±0.09	2.3±0.1 ^h	6.9±0.2 ^d
#3	133	19.80±1.06 ^b	3.90±0.03 ⁱ	1.45±0.09	2.3±0.1 ^h	6.5±0.1 ^f
#4	212	11.01±0.25 ⁱ	4.03±0.04 ^c	1.95±0.11	4.7±0.2 ^c	6.9±0.2 ^d
#5	223	18.78±1.13 ^c	4.07±0.05 ^c	1.09±0.11	4.7±0.1 ^d	7.8±0.2 ^a
#6	231	14.56±1.71 ^f	4.13±0.06 ^a	1.35±0.12	5.7±0.2 ^a	6.4±0.1 ^e
#7	313	26.33±1.12 ^a	3.93±0.03 ^b	1.72±0.13	2.7±0.1 ^g	6.9±0.2 ^d
#8	321	13.59±0.63 ^h	4.01±0.04 ^f	1.87±0.11	5.0±0.2 ^b	7.1±0.2 ^c
#9	332	15.29±1.20 ^c	4.06±0.05 ^d	1.94±0.12	4.0±0.2 ^c	7.7±0.2 ^b

注: 同一列中数字旁字母不同时, 标识差异达到显著性水平($P < 0.05$)。

表 4 综合评分法结果
Table 4 Results of comprehensive scoring method

实验组别	ABC	失重率	pH	呼吸速率	感官评价	可溶性固形物	综合得分
#1	111	8.0	7.7	7.8	3.7	2.6	29.8
#2	122	6.0	2.0	7.1	1.0	4.5	20.6
#3	133	4.8	10.0	6.2	1.0	2.0	24.0
#4	212	10.0	4.9	1.0	7.3	4.1	27.3
#5	223	5.4	3.4	10.0	7.3	10.0	36.1
#6	231	7.9	1.0	7.3	10.0	1.0	27.2
#7	313	1.0	8.6	3.4	1.9	4.1	19.0
#8	321	8.5	5.8	1.8	8.2	5.3	29.6
#9	332	7.5	3.6	1.1	5.5	9.4	27.1

各指标评分完毕后,将每组实验每一指标的分值相加,得到各实验组的综合评分,评分结果见表 4,排队评分法的极差分析结果见表 5。由表 4 可知,排队评分法综合得分最高的为#5,即 $A_2B_2C_3$; 由表 5 可以看出,各因素的影响主次关系为 $A>C>B$, 最优组合为 $A_2B_2C_1$ 。

2.2 验证组结果

2.2.1 验证组评分结果

验证组各指标结果以及评分如表 6 所示,由表 6 可知,经过计算,综合得分为 41.4,其结果中多项指标分数超过 10 分,说明这些指标的实验值比正交实验中的最优值还高,且总分高于正交实验组中的任何一组,说明验证组 $A_2B_2C_1$

的保鲜效果最优,即表面积为 375 cm^2 的 PP 薄膜协同 1 袋(约 45 g)蓄冷剂对草莓的保鲜效果最佳。

表 5 排队评分法极差分析结果
Table 5 Range analysis results of queuing scoring method

因素	A	B	C
均值 1	24.8	25.3	28.9
均值 2	30.2	28.8	25.0
均值 3	25.2	26.1	26.3
极差	5.4	3.5	3.9

表 6 验证组实验结果
Table 6 Results of validation group

ABC	失重率/%	pH	呼吸速率/[mL/(kg·h)]	感官评价/分	可溶性固形物含量/%
221	6.15	4.3	0.9	7	7.6

2.2.2 结果分析

最佳实验组由表面积为 375 cm^2 的 PP 薄膜协同 1 袋蓄冷剂组成。其中 PP 膜包装条件下二氧化碳透气系数较小^[17],从而维持了 PP 包装袋内较高的二氧化碳含量,同时 375 cm^2 的表面积大小为草莓提供了适中的贮藏空间,在一定程度抑制了草莓的呼吸作用。蓄冷剂提供的低温环境也可十分有效地减缓草莓的呼吸代谢速度,1 袋蓄冷剂的蓄冷效果较为集中,从而延长草莓的贮藏期。这 3 种因素的结合,为草莓提供了最适宜的贮藏条件,最大限度上维持了草莓的品质。

2.3 最佳组保鲜实验结果

将没有任何包装的草莓作为对照组,测定最佳组与对照组中草莓的各生理指标,对比失重率、感官评价、pH

及可溶性固形物含量的结果,分析最佳实验组保鲜效果。

2.3.1 失重率结果对比

失重率是影响果实品质的重要因素,水果被采摘后,呼吸、蒸腾等生理作用所引起的营养物质与水分的代谢都会使果实的质量降低。失重率低,说明草莓被消耗的营养物质少^[18]。本研究草莓的失重率随着贮藏时间的延长而增加,对照组草莓生理代谢旺盛,在贮藏第 2 d 时失重率已达到 $20.83\%\pm 0.98\%$,最佳组第 5 d 的失重率仅为 $6.15\%\pm 0.20\%$,对照组的失重率远高于最佳组,说明最佳组具有显著的保鲜效果($P<0.05$)。

2.3.2 感官评价结果对比

感官评价是指用眼睛和鼻子等感觉器官通过观察、闻气味、触摸等简单的方法,客观评估食品的外观质量的过程。感官质量与食品的商品价值密切相关,它也可以最直

观地反映食品的质量^[19], 是消费者购买草莓时参考的主要标准。感官评价就草莓果实的外观、色泽、气味这几个方面对草莓进行评价打分。感官评价分数越高, 草莓保鲜效果越好。

感官评价结果显示, 随着贮藏时间的延长, 两组草莓的感官评价分都呈下降趋势。这是因为随着贮藏时间的延长, 草莓的有机物质被消耗^[20-21], 导致其色泽、气味等品质均下降。据观察, 对照组中的草莓呼吸作用旺盛, 在贮藏的第 3 d 时已全部腐烂, 无食用价值, 感官评价降为 0 分, 无继续测定意义, 最佳组对草莓具有一定的保鲜效果。

2.3.3 果汁 pH 结果对比

随着贮藏时间的延长, 水果新陈代谢的过程也将导致维生素 C (vitamin C, VC) 含量的变化, pH 表示的果汁酸度可以反映草莓品质。草莓的贮藏过程将消耗果酸和 VC 等营养物质, pH 总体呈上升趋势^[22]。

果汁 pH 测定结果显示, VC 等酸性营养物质在草莓贮藏期间会被大量消耗, 两组果汁 pH 整体都呈上升趋势, 但最佳组 pH 低于对照组, 对照组第 2 d 的 pH 为 4.7 ± 0.07 , 而最佳组第 2 d 的 pH 为 3.95 ± 0.06 , 第 5 d 的 pH 为 4.4 ± 0.06 , 说明对草莓具有更为明显的保鲜效果。

2.3.4 可溶性固形物结果对比

可溶固形物测定结果显示, 贮藏时间的延长, 生理代谢作用增强会导致可溶性固形物含量降低。对照组的可溶性固形物含量低于最佳组, 最佳组第 5 d 的可溶性固形物为 $6.00\% \pm 0.10\%$ 。最佳组第 3 d 数据略高于第 2 d, 可能是包装中有未成熟的草莓, 其趋向成熟过程会生成可溶性固形物, 致其含量增高。但总体趋势为下降, 且最佳组结果均大于对照组, 说明最佳组保鲜效果优于对照组。

3 结 论

本研究分析了 3 种薄膜材料协同蓄冷剂保鲜对草莓呼吸速率等生理指标的影响。薄膜材料、薄膜面积及蓄冷剂袋数的不同组合, 对草莓保鲜的影响不同, 其中 375 cm^2 的 PP 膜协同 1 袋蓄冷剂的包装组对草莓的保鲜效果最佳。

与空白组对照时, 最佳组中草莓的生理指标结果都优于对照组, 且可有效延长草莓贮藏期 2~3 d, 本研究结果表明: 薄膜材料结合蓄冷剂的包装方式对草莓可以起到明显的保鲜作用, 可为草莓的保鲜提供一定的借鉴。

参考文献

- [1] 徐放, 赵鹏宇, 吴小虎, 等. 不同草莓保鲜方法的比较研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(3): 1237-1239, 1242.
XU F, ZHAO PY, WU XH, et al. Comparative study on different strawberries preservation methods [J]. J Anhui Agric Sci, 2013, 41(3): 1237-1239, 1242.
- [2] 刘海婷. 草莓资源果实糖酸积累特性和糖积累相关转运蛋白基因鉴定

与分析[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2020.

- LIU HT. Characteristics of sugar and acid accumulation and identification and analysis of sugar accumulation related transporter genes in strawberries resources [D]. Shanghai: Shanghai University of Technology, 2020.
- [3] 云雪艳, 道日娜, 李晓芳, 等. PBAT/PCL 共混薄膜在草莓保鲜包装中的应用[J]. 包装工程, 2017, 38(19): 92-97.
YUN XY, DAO RN, LI XF, et al. Application of PBAT/PCL blend film in strawberries fresh keeping packaging [J]. Pack Eng, 2017, 38(19): 92-97.
- [4] 傅一波, 王冬梅, 朱宏. 果蔬保温包装中蓄冷剂的实验研究[J]. 包装工程, 2016, 37(21): 23-27.
FU YB, WANG DM, ZHU H. Experimental study on cold storage agent in fruit and vegetable thermal insulation packaging [J]. Pack Eng, 2016, 37(21): 23-27.
- [5] 赵晓晓, 夏铭, 管维良, 等. 蓄冷技术在生鲜果蔬贮藏和运输中的研究与应用[J]. 保鲜与加工, 2020, 20(1): 217-225.
ZHAO XX, XIA M, GUAN WL, et al. Research and application of cold storage technology in storage and transportation of fresh fruits and vegetables [J]. Storage Process, 2020, 20(1): 217-225.
- [6] 高欣, 郑华艳. 不同包装材料对草莓贮藏品质和保鲜期的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(2): 328-330.
GAO X, ZHENG HY. Effects of different packaging materials on storage quality and fresh-keeping period of strawberries [J]. Sci Technol Food Ind, 2015, 36(2): 328-330.
- [7] 傅仰泉, 张帆, 李聿乔, 等. 环保型蓄冷剂的制备及包装应用[J]. 包装与食品机械, 2018, 36(3): 26-30.
FU YQ, ZHANG F, LI YQ, et al. Preparation and packaging application of environmental friendly refrigerant [J]. Pack Food Mach, 2018, 36(3): 26-30.
- [8] 戚晓丽. 果蔬专用相变蓄冷剂对杨梅运输贮藏的保鲜效果[C]. 中国食品科学技术学会第十一届年会论文摘要集, 2014.
QI XL. Effect of special phase change cryostorage agent for fruits and vegetables on the preservation of *Myrica rubra* during transportation and storage [C]. Abstracts of the 11th Annual Meeting of Chinese society of food science and technology, 2014.
- [9] 魏国东, 申江, 贺红霞, 等. 冰温结合塑料盒包装对枸杞鲜果品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(1): 79-84.
WEI GD, SHEN J, HE HX, et al. Effect of ice temperature combined with plastic box packaging on fresh fruit quality of *Lycium barbarum* [J]. Food Res Dev, 2020, 41(1): 79-84.
- [10] 刘瑞江, 张业旺, 闻崇炜, 等. 正交试验设计和分析方法研究[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(9): 52-55.
LIU RJ, ZHANG YW, WEN CW, et al. Study on orthogonal experimental design and analysis method [J]. Exp Technol Manage, 2010, 27(9): 52-55.
- [11] 王京海, 王肇华. 包装材料的透气性与果蔬呼吸特性的关系[J]. 食品科学, 1998, (8): 54-57.
WANG JH, WANG ZH. Relationship between air permeability of packaging materials and respiratory characteristics of fruits and vegetables [J]. Food Sci, 1998, (8): 54-57.
- [12] 丁华, 王建清, 王玉峰, 等. 不同气体比例对草莓气调包装保鲜效果的影响[J]. 包装与食品机械, 2016, 34(3): 15-19, 55.
DING H, WANG JQ, WANG YF, et al. Effect of different gas ratio on fresh keeping of strawberries by modified atmosphere packaging [J]. Pack

- Food Mach, 2016, 34(3): 15–19, 55.
- [13] 侯玉茹, 王宝刚, 李文生, 等. 草莓呼吸特性与发酵阈值研究[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(1): 25–31.
HOU YR, WANG BG, LI WS, *et al.* Study on respiration characteristics and fermentation threshold of strawberries [J]. Storage Process, 2019, 19(1): 25–31.
- [14] AYALA-ZAVALA JF, WANG SY, WANG CY, *et al.* Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberries fruit [J]. LWT-Food Sci Technol, 2004, 37: 687–695.
- [15] CANER C, ADAY MS, DEMIR M. Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging [J]. Eur Food Res Technol, 2008, 227(6): 1575–1583.
- [16] 刘军霞, 姚庆鑫, 杨金, 等. 多指标正交实验优化可发性三聚氰胺甲醛树脂的制备[J]. 化工进展, 2015, 34(2): 474–478.
LIU JX, YAO QX, YANG J, *et al.* Optimization of preparation of expandable melamine formaldehyde resin by multi index orthogonal experiment [J]. Chem Ind Eng Prog, 2015, 34(2): 474–478.
- [17] 马欣, 宗静, 韦强. 不同保鲜膜对草莓果实贮藏品质的影响[J]. 北方园艺, 2018, (13): 120–124.
MA X, ZONG J, WEI Q. Effects of different preservative films on storage quality of strawberries fruit [J]. North Hortic, 2018, (13): 120–124.
- [18] 李晓芳. 基于草莓自发气调包装的聚乳酸薄膜的气体透过性的调节[D]. 呼和浩特: 内蒙农业大学, 2017.
LI XF. Adjustment of gas permeability of PLA film based on strawberries spontaneous modified atmosphere packaging [D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2017.
- [19] 云雪艳. 高韧性、高选择透过性聚乳酸薄膜的制备及其对果蔬的气调保鲜效[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.
YUN XY. Preparation of polylactic acid film with high toughness and high selective permeability and its effect on modified atmosphere preservation of fruits and vegetables [D]. Huhhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2017.
- [20] PEANO C, GIUGGIOLI NR, GIRGENTI V. Effect of different packaging materials on postharvest quality of cv. Envie2 strawberries [J]. Int Food Res J, 2014, 21(3): 1165–1170.
- [21] BHAT R, STAMMINGER R. Preserving strawberries quality by employing novel food preservation and processing techniques-Recent updates and future scope-An overview [J]. J Food Process Eng, 2015, 38(6): 536–554.
- [22] 丁华, 王建清, 王玉峰, 等. 不同性能薄膜对草莓气调保鲜效果的影响[J]. 北方园艺, 2016, (18): 126–130.
DING H, WANG JQ, WANG YF, *et al.* Effects of different film properties on modified atmosphere preservation of strawberries [J]. North Hortic, 2016, (18): 126–130.

(责任编辑: 张晓寒 郑丽)

作者简介



卢芳芳, 硕士, 讲师, 主要研究方向为食品保鲜包装。
E-mail: hnmlyff@163.com



张岩, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品保鲜包装。
E-mail: yanzhang12@yeah.net