

基于气调保鲜鲜切藕片工艺优化方法研究

朱锐 (长江大学文理学院, 湖北荆州 434020)

摘要 [目的]优化鲜切莲藕气调包装气体比例。[方法]以菌落总数和褐变度为指标,基于单纯形-重心设计考察 O₂、CO₂ 和 N₂ 的不同配比对藕片的保鲜效果。[结果]经与覆膜包装对照组比较发现,气调包装能有效抑制鲜切藕片冷藏期间的微生物生长和褐变,而其保鲜效果取决于气体配比。以鲜切莲藕贮藏至第 6 天的菌落总数和褐变度为响应值,分别建立以气体组成比例为因素的回归模型,通过求解极小响应值获得最佳气体配比分别为 67%O₂+33%CO₂ 和 100%CO₂。进一步比较验证发现,采用 100%CO₂ 气调包装鲜切藕片可获得较好的贮藏品质,4℃冷藏至第 6 天的菌落总数和褐变度分别为 6.25 lg(CFU/g) 和 0.24。[结论]该研究结果可为莲藕及其鲜切产品的贮运品质控制提供参考。

关键词 鲜切藕片;气调包装;微生物;褐变

中图分类号 TS 255.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)17-0173-03

Technology Optimization for the Modified Atmosphere Packaging-cut Lotus Root Slices

ZHU Rui (College of Arts and Sciences, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434020)

Abstract [Objective] To optimize the fresh-cut lotus root proportional gas packaging. [Method] With the total number of colonies and browning degree as the index, based on the simplex-the center of gravity design review different ratio of O₂, CO₂ and N₂ for the effect of preservation of lotus root. [Result] After comparison with the control group of plastic film packaging, we found that modified atmosphere packaging can effectively inhibit the fresh-cut lotus root during the microbial growth and browning, and the preservation effect depended on the gas ratio. The response value of packaging-cut lotus rootslices based on the total number of colonies and browning degree for storing 6 days. A regression model was established based on the gas composition ratio. The optimum gas ratios were 67% O₂ + 33% CO₂ and 100% CO₂. By further verification, we can get better storage quality with 100% CO₂ modified atmosphere packaging. The total number of colonies and browning degree were 6.25 lg (CFU/g) and 0.24 respectively, which in cold storage for 6 days. [Conclusion] The results can provide reference for the quality control of lotus root and its fresh-cut products.

Key words Fresh-cut lotus root; Gas packaging; Microbial; Browning

莲藕 (*Nelumbo nucifera*) 是我国栽培历史悠久的特色水生蔬菜,含淀粉、蛋白质、V_C 等成分,具有健脾益气、益血生肌等保健功效^[1]。近年来,鲜切藕片作为一种新型的微加工蔬菜,因其方便、快捷、安全、洁净等特点而深受消费者喜爱^[2]。然而,鲜切藕片在加工过程中因细胞组织受损,易受微生物侵染,且酶促褐变加剧^[2-3]。以微生物生长抑制和褐变抑制为目的的藕片保鲜研究得到广泛的关注,但研究大多集中在保鲜剂的筛选、开发和评价上,如氧化白藜芦醇-抗坏血酸微乳液^[4]、二氧化氯^[5]、硫化氢^[6]、乙醇-抗坏血酸^[7]、臭氧水^[8]、壳聚糖^[9]等。气调包装是果蔬保鲜的常用方法之一,通过调节贮藏初始包装内的气体(O₂、CO₂ 和 N₂) 组分抑制腐烂和变质^[10],且可以联合保鲜剂处理达到更好的品质维持和货架期延长效果^[9]。

目前,关于鲜切莲藕气调保鲜的研究结果存在较大差异。郭衍银等^[10]综合呼吸强度、V_C 含量、多酚氧化酶活性和褐变度等指标优化鲜切莲藕气调保鲜条件为 90%O₂ 和 10%CO₂;高晗等^[11]比较 8 种不同浓度配比的 O₂、CO₂ 和 N₂ 气调包装鲜切莲藕在 4℃下贮藏的品质变化发现,100%O₂ 处理莲藕的品质最好;车东等^[12]比较 9 组不同初始气调包装鲜切莲藕在 5℃下贮藏的品质变化,确认 2%O₂、6%CO₂ 和 92%N₂ 的保鲜效果最好。文献所述最优气调保鲜条件的差异可能主要源于两个方面:其一是品质评价指标存在多样性,不同研究的侧重有所不同;其二是气体配比设计的依据不同或

是存在随机性,只能在有限的方案中优选^[13]。混料设计可通过较少的试验次数,利用回归分析得到较佳的配比,在产品配方优化方面应用广泛,同样亦可应用于气调配比条件的优化^[13]。

笔者采用三因素单纯形-重心设计方法,考察不同 CO₂、N₂ 和 O₂ 混合比例气调包装对鲜切莲藕 4℃贮藏过程中菌落总数和褐变度的影响,进一步筛选响应值建立回归模型,优化并验证得到鲜切莲藕气调保鲜的最佳气体比例。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器 新鲜泥藕,同批次,购于荆州市大润发超市。平板计数琼脂[PCA,赫澎(上海)生物科技有限公司];磷酸二氢钾和氯化钠等分析纯试剂(国药集团化学试剂有限公司);PP 气调包装盒(185 mm × 135 mm × 45 mm,上海同吸塑有限公司)。BCD-220VM(E)型美的电冰柜(广州美的科技有限公司);HS-840/1300 新型水平单向气流洁净工作台(苏州尚田洁净技术有限公司);LHP-160 型恒温恒湿培养箱(上海赫田科学仪器有限公司);RDT320 台式气调包装机(成都市罗迪波尔机械设备有限公司);XHF-D 高速分散器内切式匀浆机(浙江省宁波市新芝生物科技股份有限公司);臭氧发生器(济南奥洋环保科技有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 鲜切藕片气调保鲜的气体比例设计。参考孔萍等^[13]的方案,采用 SAS V8 软件进行单纯形-重心设计,以 CO₂、O₂ 和 N₂ 各自所占气体总体积百分比为试验因素,设计气体配比如表 1 所示。

1.2.2 鲜切藕片的加工与包装。提前清洗器具和操作台,

作者简介 朱锐(1984—),男,湖北荆州人,讲师,硕士,从事加工工艺研究。

收稿日期 2018-01-24

采用紫外辐照和臭氧对操作环境杀菌 2 h。新鲜洁净莲藕以约 25 g/片切片,约 150 g/盒错位叠放于气调包装盒内,随机分为 8 组,每组 3 盒。其中 7 组参考表 1 进行气调包装,对照组用保鲜膜进行简易包装,随后置于 4 °C 冷藏 6 d。

表 1 气调包装气体配比的单纯形-重心试验设计

Table 1 Modified atmosphere packaging with different gas mixture ratio designed by simplex-centered method %

试验组 Group	CO ₂	O ₂	N ₂
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	0	50	50
5	50	0	50
6	50	50	0
7	33	33	33
对照 Control	0	0	0

1.2.3 分析方法。细菌总数的测定参考国家标准方法(GB4789.2—2010)^[14]进行,结果以 lg(CFU/g)表示。藕片褐变度参考 Hu 等^[15]的方法测定,以 410 nm 吸光值表示。

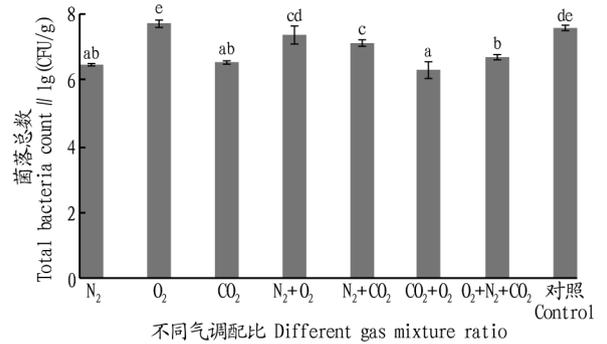
1.3 数据处理 结果以平均值±标准偏差($n=3$)表示。采用 SAS V8 软件进行单纯形-重心设计和数据分析,回归模型通过 PROCNLP 程序分析响应值极小时的各因素水平。采用 SPSS11.5 软件 S-N-K 检验分析组间数据差异,显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 气调包装气体比例对鲜切藕片菌落总数的影响 气体比例对气调包装鲜切藕片冷藏期间的微生物生长有明显影响(图 1)。100% O₂ 组和 50%O₂+50%N₂ 组的菌落总数与对照组相比无显著差异($P>0.05$),而其他气调包装组中微生物生长受显著抑制($P<0.05$)。50%CO₂+50%O₂ 组中的菌落总数最低,但与 100%N₂ 组和 100%CO₂ 组无显著差异($P>0.05$)。目前,鲜切蔬菜产品(即食类)仅需满足致病微生物限量要求^[16],但对于菌落总数尚未规定。参考第三类非预包装即食食品微生物限量指标^[17],当菌落总数 ≥ 7 lg(CFU/g)时产品不合格,菌落总数为(6~7)lg(CFU/g)时产品可接受。由此判断,100%N₂、100%CO₂、50%CO₂+50%O₂、33%CO₂+33%O₂+33%N₂ 包装鲜切藕片的货架期均可达 6 d。

2.2 气调包装气体比例对鲜切藕片褐变度的影响 由图 2 可知,不同气体比例气调包装藕片的褐变度均显著低于对照组($P<0.05$),说明气调包装有利于减缓藕片的褐变。但是,不同气体比例作用下的褐变控制效果明显不同,其中 100%N₂ 和 100%CO₂ 的褐变度显著低于其他试验组($P<0.05$)。类似研究报道,6%CO₂+2%O₂+92%N₂、10%CO₂+10%O₂+80%N₂^[11]、100%O₂^[11]、10%CO₂+90%O₂^[10] 均能有效延缓鲜切莲藕的褐变。莲藕贮藏期间的色泽变化主要受酚类酶促褐变影响,与过氧化物酶、多酚氧化酶、苯丙氨酸解氨酶的活性密切相关,而酶活表达与环境因子胁迫的关联鲜见报道。

2.3 鲜切藕片的气调包装气体比例优化与验证 以 CO₂、O₂ 和 N₂ 各自所占气体总体积百分比(%)为试验因素,以菌落总数(Y_1)和褐变度(Y_2)为响应值,分别建立回归模型(表

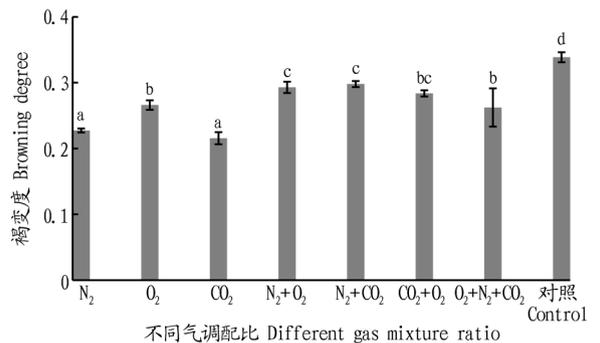


注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P<0.05$)

图 1 气调包装气体比例对鲜切藕片菌落总数的影响

Fig. 1 Effect of gas mixture ratio of modified atmosphere packaging on the total bacteria count of fresh-cut lotus roots



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different small letters mean significant differences ($P<0.05$)

图 2 气调包装气体比例对鲜切藕片褐变度的影响

Fig. 2 Effect of gas mixture ratio of modified atmosphere packaging on the browning degree of fresh-cut lotus roots

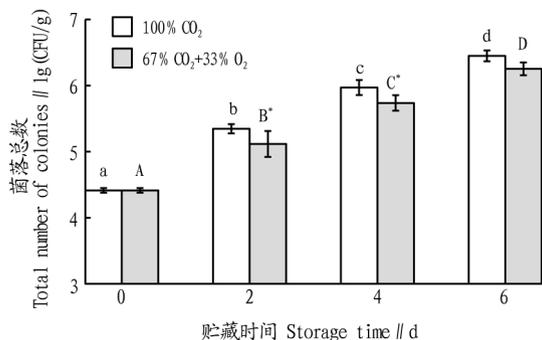
2)。回归模型的 R^2 值分别为 0.972 8 和 0.766 6,拟合程度较高。当气体配比为 67%CO₂+33%O₂ 时,模型预测菌落总数达极小值 6.14 lg(CFU/g),而气体配比为 100%CO₂ 时获得最小褐变度 0.22。对回归模型进行方差分析发现:各因素一次项对菌落总数均有显著影响($P<0.05$),而交互项对菌落总数均无显著影响($P>0.05$);各因素一次项及交互项对褐变度均无显著影响($P>0.05$)。

比较验证 67%CO₂+33%O₂ 和 100%CO₂ 对气调包装莲藕贮藏期间菌落总数和褐变度的影响,进而获得最佳气调包装条件。由图 3 可知,2 组气调包装莲藕的菌落总数随着贮藏时间的延长显著增加($P<0.05$)。在贮藏第 2、4 天,67%CO₂+33%O₂ 组的菌落总数均显著低于 100%CO₂ 组($P<0.05$),但贮藏第 6 天 2 组的菌落总数无显著差异($P>0.05$)。由图 4 可知,100%CO₂ 组贮藏前期的褐变度无显著变化($P>0.05$),直至第 6 天发生显著褐变($P<0.05$),而 67%CO₂+33%O₂ 组莲藕的褐变度在贮藏期间稳定增加。2 组气调包装莲藕的褐变度仅在贮藏第 6 天呈现显著差异($P<0.05$)。综合比较,100%CO₂ 气调包装莲藕在冷藏至第 6 天可能获得更好的品质,其菌落总数和褐变度分别为 6.25 lg(CFU/g)和 0.24,与预测值接近。

表 2 回归模型及其极小响应值

Table 2 Regression model and its minimal response value

响应值 Response value	回归模型方程 Regression model equation	R^2	预测值 Predicted value	气体比例 Gas ratio/%		
				O ₂	CO ₂	N ₂
菌落总数 Total number of colonies (Y_1)/lg(CFU/g)	$Y_1 = 6.49X_1 + 7.75X_2 + 6.53X_3 + 0.785X_1X_2 + 2.23X_1X_3 - 3.57X_2X_3$	0.972 8	6.14	33	67	0
褐变度 Browning degree (Y_2)	$Y_2 = 0.23X_1 + 0.27X_2 + 0.22X_3 + 0.12X_1X_2 + 0.24X_1X_3 + 0.11X_2X_3$	0.766 6	0.22	0	100	0

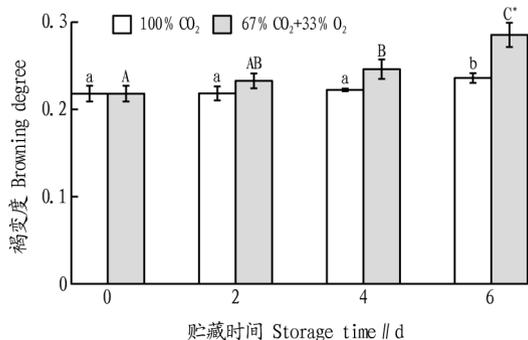


注:不同字母表示相同气调包装组在不同贮藏时间菌落总数差异显著($P < 0.05$), *表示不同气调包装组在相同贮藏时间菌落总数差异显著($P < 0.05$)

Note: Different letters indicated that the total number of colonies of same atmosphere packaging group in different storage time was significant ($P < 0.05$); * indicated that the total number of colonies of different atmosphere packaging group in the same storage time was significant ($P < 0.05$)

图 3 不同气体比例气调包装藕片冷藏期间的菌落总数变化

Fig. 3 The change of total bacteria count of modified atmosphere packaging fresh-cut lotus root during cold storage



注:不同字母表示相同气调包装组在不同贮藏时间褐变度差异显著($P < 0.05$), *表示不同气调包装组在相同贮藏时间褐变度差异显著($P < 0.05$)

Note: Different letters indicated that the browning degree of same atmosphere packaging group in different storage time was significant ($P < 0.05$); * indicated that the browning degree of different atmosphere packaging group in the same storage time was significant ($P < 0.05$)

图 4 不同气体比例气调包装藕片冷藏期间的褐变度变化

Fig. 4 The change of browning degree of modified atmosphere packaging fresh-cut lotus root during cold storage

3 结论

采用单纯形-重心设计方法考察不同气体比例的气调保

鲜对鲜切藕片菌落总数和褐变度的影响,通过与对照组进行比较后发现,适当的气体配比能有效抑制微生物的生长和延缓褐变。以鲜切莲藕筛选贮藏至第 6 天的菌落总数和褐变度为响应值,分别建立以气体组成比例为因素的三因素回归模型。通过极小响应值优化最佳气体配比,进一步比较验证发现,采用 100%CO₂ 气调包装鲜切藕片可获得较好的贮藏品质,4℃冷藏至第 6 天的菌落总数和褐变度分别为 6.25 lg(CFU/g) 和 0.24。该研究可为鲜切莲藕贮运品质控制提供参考。

参考文献

- [1] 张长贵,董加宝,王祯旭,等. 莲藕的营养保健功能及其开发利用[J]. 中国食物与营养, 2006(1): 22-24.
- [2] 李新楠,齐小保,严守雷,等. 5 种鲜切藕片胀袋微生物的分离与鉴定[J]. 食品科学, 2014, 35(23): 151-154.
- [3] JIANG J, JIANG L, LUO H B, et al. Establishment of a statistical model for browning of fresh-cut lotus root during storage[J]. Postharvest biology and technology, 2014, 92: 164-171.
- [4] HE J F, ZHU Q, DONG X, et al. Oxyresveratrol and ascorbic acid O/W microemulsion: Preparation, characterization, anti-isomerization and potential application as antibrowning agent on fresh-cut lotus root slices[J]. Food chemistry, 2017, 214: 269-276.
- [5] DU J H, FU Y C, WANG N Y. Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on browning of fresh-cut lotus root[J]. LWT-Food Science and Technology, 2009, 42(2): 654-659.
- [6] SUN Y, ZHANG W, ZENG T, et al. Hydrogen sulfide inhibits enzymatic browning of fresh-cut lotus root slices by regulating phenolic metabolism[J]. Food chemistry, 2015, 177: 376-381.
- [7] GAO J, LUO Y G, TURNER E, et al. Mild concentration of ethanol in combination with ascorbic acid inhibits browning and maintains quality of fresh-cut lotus root[J]. Postharvest biology and technology, 2017, 128: 169-177.
- [8] 李新楠,王洪斌,严守雷,等. 臭氧水对鲜切藕片保鲜效果的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(8): 178-184.
- [9] XING Y G, LI X H, XU Q L, et al. Effects of chitosan-based coating and modified atmosphere packaging (MAP) on browning and shelf life of fresh-cut lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaerth)[J]. Innovative food science & emerging technologies, 2010, 11(4): 684-689.
- [10] 郭衍银,李玲,高 O₂ 薄膜气调包装对鲜切莲藕保鲜效果的影响[J]. 现代食品科技, 2013, 29(10): 2447-2452.
- [11] 高晗,孙俊良,高愿军,等. 气调包装对鲜切莲藕保鲜效果研究[J]. 食品科学, 2008, 29(10): 612-614.
- [12] 车东,卢立新. 鲜切莲藕气调包装及其质量评价[J]. 食品与生物技术学报, 2008, 27(1): 44-48.
- [13] 孔萍,孙杰,易阳,等. 基于单纯形-重心设计优化气调包装鲜猪肉的气体比例[J]. 食品工业科技, 2016, 37(7): 310-315.
- [14] 中华人民共和国卫生部. 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789. 2—2010[S]. 北京: 中国质检出版社, 2010.
- [15] HU J Q, YANG L Z, WU W J, et al. Slicing increases antioxidant capacity of fresh-cut lotus root (*Nelumbo nucifera* G.) slices by accumulating total phenols[J]. International journal of food science & technology, 2014, 49(11): 2418-2424.
- [16] 中华人民共和国农业部. 鲜切蔬菜: NY/T 1987—2011[S]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [17] 广东省卫生和计划生育委员会. 非预包装即食食品微生物限量: DBS 44/006—2016[S]. 广东省卫生和计划生育委员会, 2017.