

食品流通与包装

两种包装材料结合氩气保鲜对香菇品质的影响

韩春然, 鲁焱兴, 黄赫雁

(哈尔滨商业大学 食品工程学院省高校食品科学与工程重点实验室, 哈尔滨 150076)

摘要: **目的** 研究2种不同的包装材料结合不同比例氩气气调方法对香菇品质的影响。**方法** 把新鲜采摘的香菇清洗干净后晾干, 装入 LDPE 材料封口袋及 PE 材料封口袋中, 充入不同比例的氩气, 观察并测定各组香菇的呼吸强度、多酚氧化酶活性、褐变度、水分活度、总酚及抗坏血酸含量的变化。**结果** 选择 LDPE 为适宜的氩气气调包装材料, O₂, Ar, N₂ 的体积分数分别为 10%, 60%~90%, 0~30%, 此时对香菇的保鲜效果最好。**结论** 实验表明 LDPE 为最佳包装材料。在气调保鲜的过程中充入氩气, 可以延缓香菇褐变的速度, 降低多酚氧化酶活性的提升速率, 同时使香菇抗坏血酸及总酚含量得以降低, 也能延缓香菇呼吸速率的提升, 使香菇的品质得以保证。

关键词: 气调保鲜; 氩气; 香菇; LDPE; PE

中图分类号: TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)11-0052-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.11.007

Effects of Two Kinds of Packing Materials Combined with Argon Preservation on Mushroom Quality

HAN Chun-ran, LU Yan-xing, HUANG He-yan

(Key Laboratory of Food Science and Engineering, School of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150076, China)

ABSTRACT: The paper aims to study the effects of two kinds of packaging materials combined with different ratio of argon on quality of mushroom during storage. Fresh mushroom were washed and dried, and put into the sealed pockets made of LDPE (low-pressure polyethylene) and PE (polyethylene), respectively, with different ratio of argon. The changes of the browning degree, polyphenol oxidase activity, total phenol content, ascorbic acid content, respiratory intensity and water activity of each group were observed and recorded. LDPE was the suitable packing material for mushroom, with 10% O₂, 60%~90% Ar and 0~30% N₂, respectively. The preservation effect of mushroom is good under this condition. The experiment shows that the LDPE is the best packaging material. The application of argon for the preservation of mushroom can inhibit the browning degree very well, increase the activity of polyphenol oxidase, control the decline of total phenol content and ascorbic acid content, and reduce the increase of respiration rate during storage, and preserve the quality of mushroom.

KEY WORDS: controlled atmosphere packaging; argon; mushroom; LDPE; PE

香菇也叫花菇, 含有丰富的蛋白质、维生素, 以及人体必需氨基酸等营养物质, 且脂肪含量很低, 是现今人们食用最多的菌类食品之一。由于香菇具

有组织柔软、含水量高等特点, 在其保藏过程中极为容易受外界因素的影响, 从而导致其腐败变质, 因此对香菇进行技术性的保鲜是当务之急^[1]。目前所

收稿日期: 2019-04-17

作者简介: 韩春然(1970—), 女, 博士, 哈尔滨商业大学教授, 主要研究方向为果蔬贮藏与加工。

用的保鲜方法多种多样,包括气调法^[2-4]、辐照法^[5]、臭氧法^[6]、冷藏法^[7]、化学法^[8-10]等,这些方法对于食用菌的保鲜效果各有不同。

近年来,在新型的食品保鲜技术中用氩气(Ar)进行瓜果蔬菜保鲜是一种十分新颖的方法^[11]。Ar的化学性质稳定,不易与其他物质反应,并无毒无味、价格低廉^[12]。通过控制压力和温度条件,并在特定的情况下,氩气可以溶解到水中,这时水分子会发生变化,变成一种类似结晶的笼型立体多面体空穴结构,也叫做“笼型”化合物。研究表明,生物物质中有可能天然存在与结晶笼形水合物相似的物质结构,果蔬中水分子的活性被“笼型”化合物控制而有所改变,使酶活性下降,并降低了呼吸强度^[13]。文中采用2种不同的包装材料,以及不同比例的氩气对香菇进行气调保鲜,探究香菇在贮藏期间的品质变化情况。

1 实验

1.1 材料与试剂

材料:香菇,哈尔滨汉阳食用菌有限公司。试剂:三氯乙酸,抗坏血酸,氯化钡,草酸,均为分析纯;福林酚,RT;2,6-二氯喹啉钠,ACS;氧气、二氧化碳、氮气、氩气,均为高纯,卿华气体有限公司。

1.2 仪器与设备

仪器与设备:高速离心机,TG16-WS,上海一恒科学仪器有限公司;数控超声波清洗器,SB25-120T,北京普析通用仪器有限责任公司;星星陈列柜,LSC-316C;塑料薄膜封口机,SG-300,上海凯鸣电子机械有限公司;高速万能粉碎机,FW80,上海伟业仪器厂。

1.3 方法

1.3.1 香菇前处理

将新鲜香菇用清水冲洗掉表面杂质,再用体积分数为0.02%的次氯酸钠溶液进行处理,浸泡2 min后,用蒸馏水进行漂洗,直至处理液无残留,最后在自然条件下晾干备用。

1.3.2 称量及装袋

将样品装入LDPE材料封口袋及PE材料封口袋中,每份香菇的质量为150 g。

1.3.3 包装及设定条件

包装过程中采用自然气调包装和充氩气包装等2种方式,同时建立对比组,见表1。

1.3.4 贮藏

将经过包装的香菇样品置于展示柜中贮藏,其条

件为温度(4±0.5)℃、相对湿度为90%,在一定周期内,监测每组中样品的水分活度、呼吸强度、褐变程度、抗坏血酸含量、总酚含量和多酚氧化酶活性的变化情况。

表1 各组气体组成成分及比例
Tab.1 Gas composition and proportion of different groups

组别	O ₂ 体积分数/%	Ar 体积分数/%	N ₂ 体积分数/%
1	10	0	90
2	10	30	60
3	10	60	30
4	10	90	0

1.3.5 检测指标

1.3.5.1 褐变度的测定

褐变度的测定主要参考曹蕾^[14]等人的方法,文中稍作修改。称取样品香菇的质量为10 g,将其与煮沸后的蒸馏水混合,质量比为1:10,再破碎匀浆处理30 s,离心10 min,其转速为8000 r/min,测定吸光值,并与空白组对照,其中波长设定为410 nm,最后读取数值,并计算香菇的褐变度。

1.3.5.2 多酚氧化酶的测定

多酚氧化酶的测定采用行业标准(LS/T 6124—2017)中的方法。

1.3.5.3 总酚的测定

总酚的测定主要参考黄越^[15]等人的方法,文中稍作修改。称取样品10 g,将其与60 mL水混合,再破碎处理30 s,离心10 min,转速设为8000 r/min,取上清液过滤,将滤液定容至100 mL。另取1 mL酶液、1 mL福林酚试剂和3 mL质量分数为20%的Na₂CO₃溶液,摇匀并混合充分,在温度为20~30℃的条件下进行避光暗处理,并静置2 h,再将其定容至10 mL,测定吸光值A,设定波长为760 nm,最后读取数值并计算。

1.3.5.4 抗坏血酸的测定

抗坏血酸的测定采用GB 5009.86—2016中的方法。

1.3.5.5 呼吸强度的测定

呼吸强度的测定主要参考张燕^[16]等人的实验方法,采用静置法。

1.3.5.6 水分活度的测定

水分活度的测定参考李敬^[17]等人的实验方法,使用水分活度测定仪进行操作。

1.4 数据分析

采用软件SPSS17.0分析实验数据,以平均值±标准差表示。

2 结果与讨论

2.1 2种包装材料结合不同浓度氩气处理对香菇褐变度的影响

2.1.1 LDPE 包装

在贮藏过程中,随着时间推移,香菇的褐变度BD值显著升高($P<0.05$)。在此期间,前期增长较为迟缓,中期和后期增长较快。由图1a可知,第1天时,4个组之间的差异并不显著;第2天以后,各组间的差异性明显($P<0.05$),可能是由于氩气在水中溶解可以形成笼形水合物,进而影响了酶的活性。因为第2组所充氩气相对较少,所以前4d,第1组和第2组的差异并不明显,第6天开始差异明显;第3组香菇的BD值明显低于第1组和第2组;第1组的BD值比第4组高出16.87%。贮藏过程中,第4组与第1组始终保持明显差异,因此在气调保鲜中充入氩气可以降低香菇在贮藏期间褐变的速度。

2.1.2 PE 包装

选择PE薄膜包装时,褐变度的总体趋势也是上升的,见图1b。与使用LDPE时相同,差异明显的时间均为贮藏的第2天,但是4组差异不是稳定的。直到第5天,4组间的差异又不显著。整体而言,第4组的气体条件可以相对较好地延缓香菇的褐变速度。

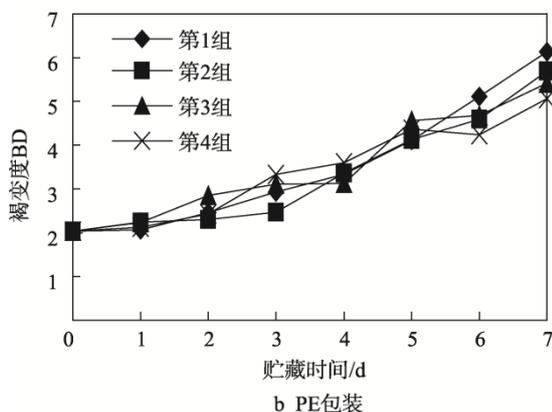
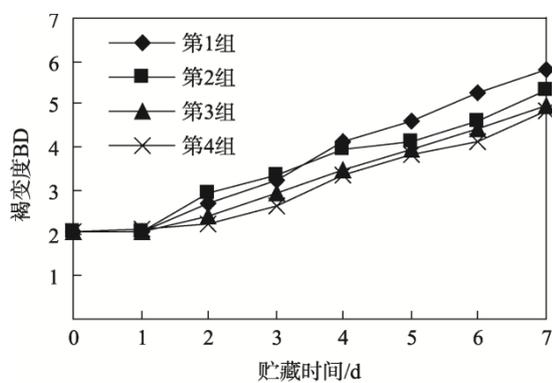


图1 香菇在贮藏期间褐变度的变化

Fig.1 Browning degree changes during storage of mushroom

2.2 2种包装材料结合不同浓度氩气对香菇多酚氧化酶活性的影响

2.2.1 LDPE 包装

在贮藏过程中,随着时间推移,香菇中PPO的活力值有显著升高的趋势($P<0.05$),见图2a。在此期间,贮藏的前段时期活力值上升相对明显,中后期上升的程度较为缓慢。在贮藏的第3天起,4个组差异显著($P<0.05$),尤其第4组与第1、第2、第3组间差异相当明显。酶是一种蛋白质,从化学结构来看,拥有一部分疏水残基,这些疏水残基的侧链即为酶的活性位点,这部分在酶与其他分子发生反应时产生作用。疏水性相互作用对球状蛋白的构造和生物膜的化学稳定性有相当大的影响。在疏水性分子的作用下,水的构造不仅对食品的稳定性的影响,也对酶的活力影响明显^[18]。整个过程中,第4组的PPO活性比第1组的数值少27.83%。综上所述可知,气调保鲜中充入氩气可以使香菇PPO活性受到抑制,从而改善了香菇的品质。

2.2.2 PE 包装

由图2b可知,香菇的PPO活性显著($P<0.05$)升高,各个组间的差异都十分明显。相比较而言,第3组的气体条件在贮藏期间能较好地控制香菇PPO活性的升高,达到较好的效果。

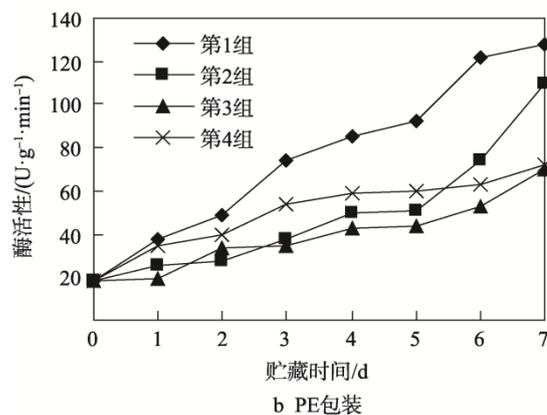
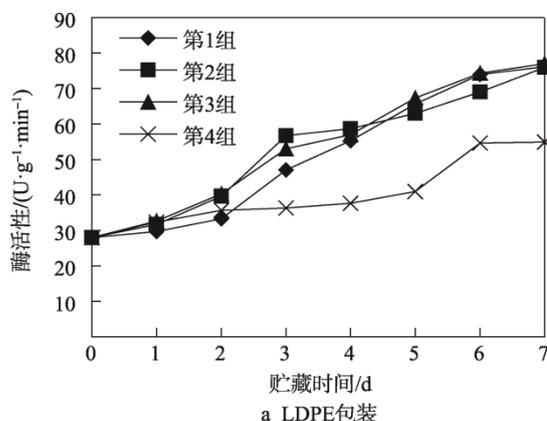


图2 香菇在贮藏期间PPO活性的变化

Fig.2 PPO activity changes during storage of mushroom

2.3 2 种包装材料结合不同浓度氩气对香菇总酚含量的影响

2.3.1 LDPE 包装

随着贮藏时间的推移,香菇中总酚含量呈现下降的趋势,见图 3a。在第 1 天和第 2 天时,各个组分之间差异性并不显著,但从第 3 天开始,4 组间开始出现显著性差异 ($P<0.05$)。前 3 组的差异性并不显著;在贮藏的后半程,最后一组与前 3 组的差异开始变得明显。这或许是因为氩气在处理过程中产生了气体水合物,处理过后的组织内部有保留的氩气分子,从而抑制了总酚含量的降低。到贮藏第 7 天时,第 4 组香菇的总酚含量比第 1 组高 8.24%。由此可见,香菇总酚含量的降低现象可以由氩气明显改善。这个结果与吴志霜^[19]的研究结果相类似。

2.3.2 PE 包装

由图 3b 可知,在贮藏过程中,香菇的总酚含量呈显著降低趋势 ($P<0.05$),但在贮藏的前半程差异性并不明显;在贮藏后半程,4 组香菇间的差异较大,但不平稳。可以看出,第 4 组的气调条件对控制香菇总酚含量的降低是有效的。

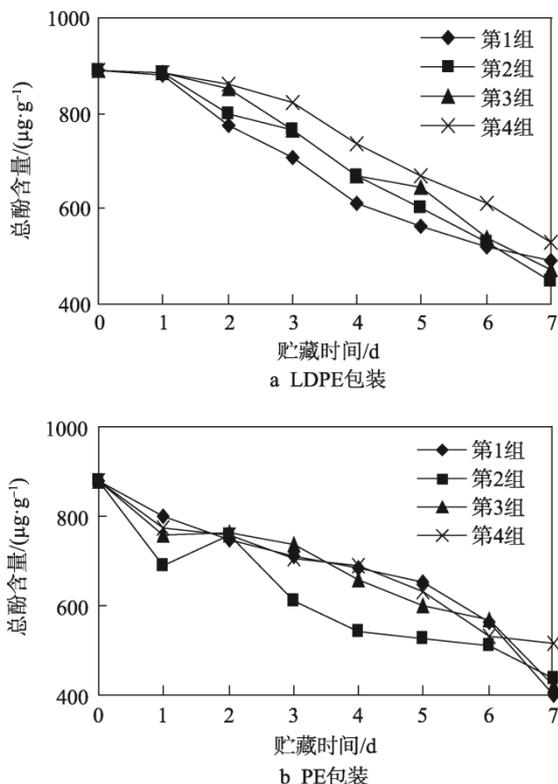


图 3 香菇在贮藏期间总酚含量的变化

Fig.3 Total phenol content changes during storage of mushroom

2.4 2 种包装材料结合不同浓度氩气对香菇抗坏血酸含量的影响

2.4.1 LDPE 包装

在众多水果蔬菜中,抗坏血酸作为一项重要的营

养学指标,它的含量可以很好地反映果蔬的品质。由图 4a 可知,抗坏血酸的含量有降低的趋势。第 1 天时,各个组间的差异性并不显著;在剩余的贮藏时间里,第 4 组的气体条件能够显著抑制抗坏血酸含量的下降。由此可见,氩气在气调保鲜过程中可以有效地抑制抗坏血酸的分解,且抑制效果与氩气浓度成正比相关。

2.4.2 PE 包装

由图 4b 可知,抗坏血酸在贮藏期间呈显著下降的趋势 ($P<0.05$)。在前 3 天,各个组间的差异并不明显。到了第 4 天,后 2 组气体条件与前 2 组气体条件开始有显著差异 ($P<0.05$)。由此可见,氩气能够延缓香菇中抗坏血酸的消耗速度。

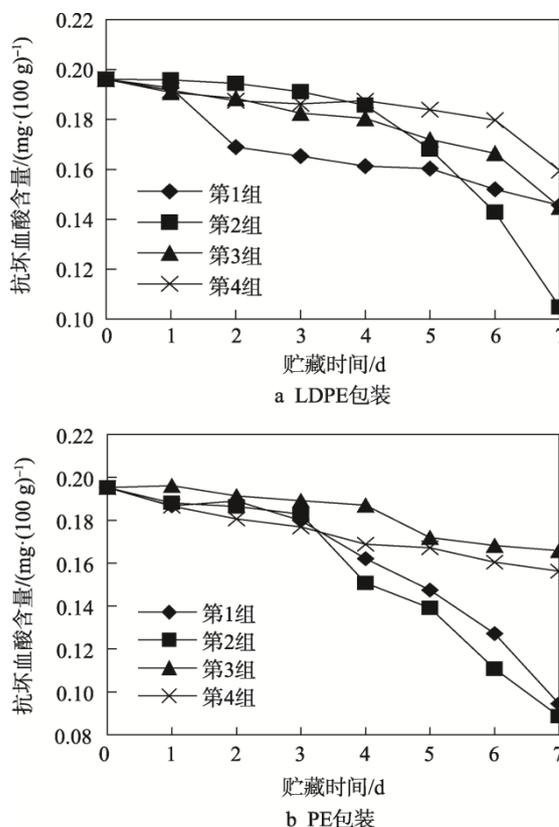


图 4 香菇在贮藏期间抗坏血酸含量的变化

Fig.4 Vc content changes during storage of mushroom

2.5 2 种包装材料结合不同浓度氩气对香菇呼吸强度的影响

2.5.1 LDPE 包装

香菇在采摘后的一段时间内,它的呼吸类型为跃变形呼吸。由图 5a 可知,呼吸强度先增强后减弱。在 2 天后,第 1 组在数值上显著高于其他组。其中第 3 组条件在数值上比第 2 组和第 4 组更低。第 7 天时,第 3 组的数值比第 1 组低近 11.41%。此实验结果与詹仲刚^[20]的研究结果类似。

2.5.2 PE 包装

由图 5b 可知, 香菇的呼吸强度先增强后减弱, 尤其是后半程, 香菇的呼吸强度曲线的下降程度相当显著 ($P < 0.05$)。同时第 4 组的香菇呼吸峰比第 1 组低很多。在贮藏后半程, 后 2 组香菇之间的差异性并不显著。

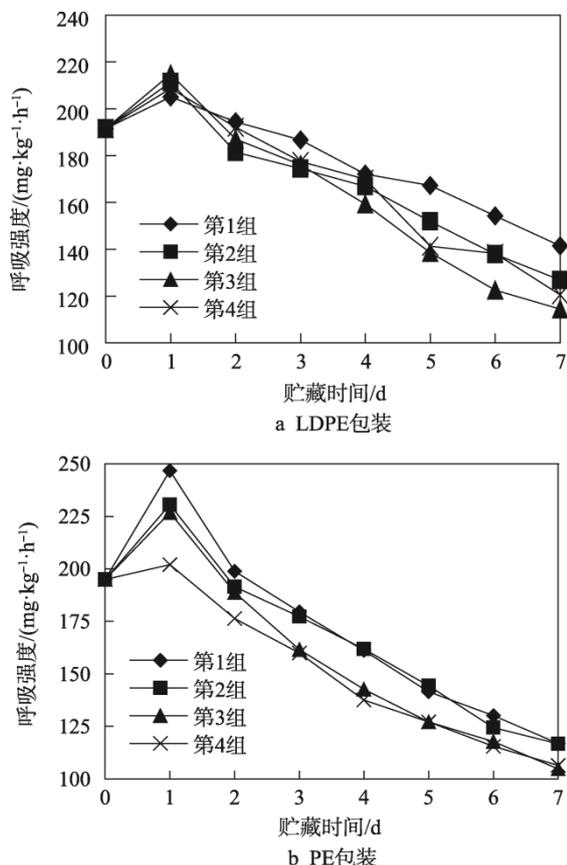


图 5 香菇在贮藏期间呼吸强度的变化

Fig.5 Respiration intensity changes during storage of mushroom

2.6 2 种包装材料结合不同浓度氩气对香菇水分活度的影响

2.6.1 LDPE 包装

水分活度从某种意义上讲就是食品与水分的结合程度, 其值的高低与结合程度成负相关。在气调保鲜中充入氩气, 它能够优先与水分子结合, 形成笼形水合物, 进而使水分活度降低。由图 6a 可知, 第 1 组到第 4 组充气条件的香菇在贮藏期间水分活度并无显著差异 ($P < 0.05$), 也无规律可循。这可能是由于在冰点以上时, 食品的水分活度主要与食品内部的组成成分有关; 同理在冰点以下时, 它与食品的温度有关, 而与组成成分无关。文中实验香菇在 4 °C 条件下进行贮藏, 这可能是水分活度无明显差异的原因^[21]。由图 6a 可知, 第 4 组数据中, 水分活度在贮藏第 3 天后有下降的趋势, 这说明当氩气浓度较高时, 可以抑制水分活度的升高, 因此可以考虑使用加

压的条件对实验进行优化。

2.6.2 PE 包装

由图 6b 可知, 与使用 LDPE 包装材料时相同, 在香菇贮藏期间并无稳定的变化趋势可循。

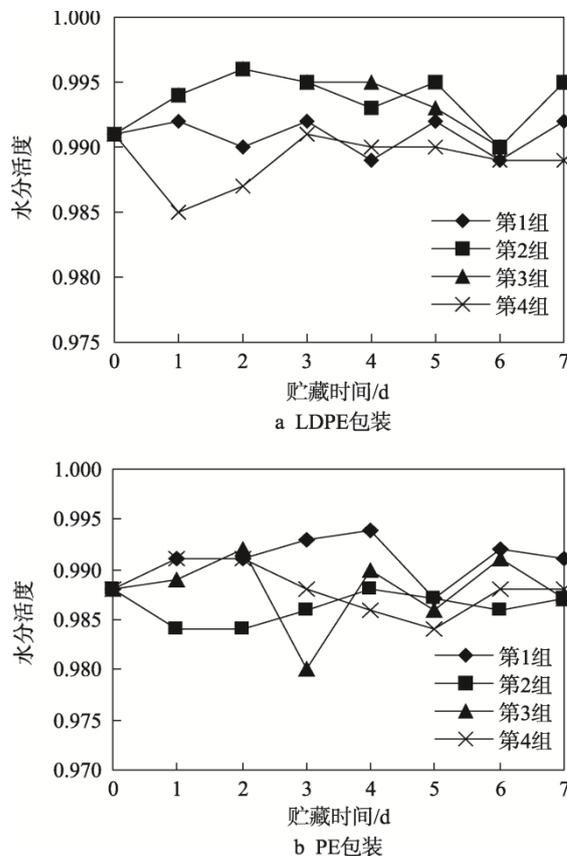


图 6 香菇在贮藏期间水分活度的变化

Fig.6 Water activity changes during storage of mushroom

3 结语

文中研究了 LDPE 和 PE 等 2 种材料结合不同浓度氩气对贮藏期间香菇品质的影响。结果表明, 氩气能够有效控制香菇的呼吸强度、褐变度及多酚氧化酶活性的升高, 同时也能抑制抗坏血酸及总酚含量的下降, 延缓了香菇的腐败变质, 有利于香菇的保鲜。此外, LDPE 的各项数据值均优于 PE 包装材料, 在保鲜过程中效果更佳。使用氩气气调可以对香菇起到保鲜作用, 推荐使用 LDPE 包装材料, 氧气的体积分数为 10%, 氩气的体积分数为 60%~90%, 氮气的体积分数为 0~30%较为适宜。

参考文献:

[1] YI-FANG J I, WEN-ZHONG H U, AI-LI J. Application of Preservation Technologies in Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. Journal of Food Safety & Quality, 2015, 6(7): 1—3.

- [2] QI H, KAIJUN X. Quality of Broccoli, (*Brassica oleracea* L var *Italica*), In Modified Atmosphere Packaging Made by Gas Barrier-gas Promoter Blending Materials[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2018, 144: 63—69.
- [3] MALEKI G, SEDAGHAT N, WOLTERING E J, et al. Chitosan-limonene Coating in Combination with Modified Atmosphere Packaging Preserve Postharvest Quality of Cucumber during Storage[J]. *Journal of Food Measurement & Characterization*, 2018, 12(3): 1—12.
- [4] BOZ Z, WELT B A. Permeable Gas Cavity at Elevated Pressure Enhances Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce[J]. *Journal of Food Science*, 2018, 83(6): 1639.
- [5] JING L, Na Z, RUIXIANG Y, et al. Red and Blue LED Weak Light Irradiation Maintaining Quality of Cherry Tomatoes during Cold Storage[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2016, 32(9): 248—254.
- [6] 韩爱云, 侯惠静, 左晓磊, 等. 臭氧在鸡蛋保鲜中的应用研究进展[J]. *食品研究与开发*, 2018, 39(21): 222—227.
- HAN Ai-yun, HOU Hui-jing, ZUO Xiao-lei, et al. Applied Research Progress of Ozone in Shell Eggs Preservation[J]. *Food Research And Development*, 2018, 39(21): 222—227.
- [7] 沙其拉, 黎明. 凡士林涂抹法与冷藏法对鸡蛋保鲜效果影响的比较研究[J]. *畜牧与饲料科学*, 2017(5): 18
- SHA Qi-la, LI Ming. Comparative Study on Influence of Vaseline Coating Methods and Refrigeration Methods on Egg Preservation Effect[J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2017(5): 18
- [8] MA L, ZHANG M, BHANDARI B, et al. Recent Developments in Novel Shelf Life Extension Technologies of Fresh-cut Fruits and Vegetables[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, 64: 23—38.
- [9] LIU Y, ZHANG X, ZHENG C, et al. Synthesis of Green-edible Fresh-keeping Agent SA-cys for Fruit and Vegetable[J]. *China Synthetic Resin & Plastics*, 2016, 33(4): 15.
- [10] YANYING W, CHENGHUI L, MIXIA T, et al. Effects of Calcium Chloride Treatment on the Physiologic Quality of Fresh-cut Celery[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2015(7): 2458—2463.
- [11] MISTRIOTIS A, BRIASSOULIS D, GIANNOULIS A, et al. Design of Biodegradable Bio-based Equilibrium Modified Atmosphere Packaging (EMAP) for Fresh Fruits and Vegetables by Using Micro-perforated Poly-lactic Acid (PLA) Films[J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2015, 111: 380—389.
- [12] 赵春霞, 胡蓉, 魏丹, 等. 氩气气调包装对鲜切香菇品质的影响[J]. *食品科学*, 2013, 34(18): 327—331.
- ZHAO Chun-xia, HU Rong, WEI Dan, et al. Effect of Modified Atmosphere Packaging (MAP) with Argon on the Quality of Fresh-cut *Lentinus Edodes*[J]. *Food Science*, 2013, 34(18): 327—331.
- [13] 赵春霞, 胡蓉, 冯丽萍, 等. 涂膜处理对氩气气调包装的鲜切香菇品质的影响[J]. *包装工程*, 2013, 34(5): 14—19.
- ZHAO Chun-xia, HU Rong, FENG Li-ping, et al. Effect of Coating on Quality of Fresh-cut *Lentinus Edodes* with Argon MAP[J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(5): 14—19.
- [14] 曹蕾. 冻干即食调味香菇加工工艺研究[D]. 南宁: 广西大学, 2014.
- CAO Lei. Study on Process Technology of Freeze-Drying Ready-to-eat Season *Lentinus Edodes*[D]. Nanning: Guangxi University, 2014.
- [15] 黄越, 周春晖, 戴宏杰, 等. 猴头菇醇提物及其不同极性部位的体外抗氧化活性[J]. *食品工业科技*, 2017, 38(21): 16—20.
- HUANG Yue, ZHOU Chun-hui, DAI Hong-jie, et al. In Vitro Antioxidant Activity of Ethanol Extract from *Hericium Erinaceus* and Its Different Polar Fractions[J]. *Science and Technology of Food Industry*. 2017, 38(21): 16—20.
- [16] 张燕, 李姣娥, 赖于民, 等. 不同贮藏方式对松茸呼吸强度影响[J]. *食品工业*. 2019, 40(2): 62—65.
- ZHANG Yan, LI Jiao-e, LAI Yu-min, et al. Effect of Different Storage Methods on Respiration Intensity of Pine Mushroom[J]. *Food Industry*. 2019, 40(2): 62—65.
- [17] 李敬, 苏红, 张晓梅, 等. 不同水分活度降低剂对大菱鲆即食制品的影响[J]. *食品科学*. 2017(3): 276—281.
- LI Jing, SU Hong, ZHANG Xiao-mei, et al. Effects of Different Water Activity-lowering Agents on Ready-to-eat *Scophthalmus Maximus*[J]. *Food Science*. 2017(3): 276—281.
- [18] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- LI Li-te. *Food Physics*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2001.
- [19] 吴志霜, 张慙. 高压氩气和氮气处理对鲜切苹果冷藏的保鲜效果[J]. *食品科学*, 2011(20): 290—295.
- WU Zhi-shuang, ZHANG Min. Effects of High Pressure Argon and High Pressure Nitrogen Treatments on Fresh-keeping of Fresh-cut Apples during Cold Storage[J]. *Food Science*, 2011(20): 290—295.
- [20] 詹仲刚, 张慙. 惰性气体对黄瓜酶活和呼吸强度的影响[J]. *食品与生物技术学报*, 2005(3): 16—18.
- ZHAN Zhong-gang, ZHANG Min. Effects of Inert Gases on Enzyme Activity and Ins Piration of Cucumber[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2005(3): 16—18.
- [21] 吴敏. 包装和贮藏条件对荔枝果汁品质的影响研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2016.
- WU Min. Effect of Packaging and Storage Condition on the Quality of Litchi Juice[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016.