

## 食用菌保鲜包装的研究进展

赵彬<sup>1,2,3,4</sup>, 黄美娜<sup>1,3,4</sup>, 袁毅<sup>1,4</sup>, 崔爽<sup>4</sup>

(1.制造装备机构设计与控制重庆市重点实验室, 重庆 400067; 2.装备系统服役健康保障重庆市国际联合研究中心, 重庆 400067; 3.重庆市特色农产品加工储运工程技术研究中心, 重庆 400067; 4.重庆工商大学, 重庆 400067)

**摘要:** **目的** 总结近年来国内外有关食用菌保鲜包装的相关文献, 为相关研究提供参考。**方法** 按照食用菌保鲜方法查阅并总结近年来国内外有关食用菌保鲜包装的相关文献并进行整理分析。**结果** 食用菌的保鲜主要从温度、气体环境、辐照、保鲜剂、包材等因子入手。研究和应用的趋势趋向于同时控制和调整多个因子, 结果证明保鲜效果比较好。**结论** 最近数年的研究将不同的保鲜方法结合使用, 因子之间的协同效应, 会产生良好的保鲜效果。原理和理论依据需要进一步研究和分析, 以便更科学合理地实现食用菌保鲜。

**关键词:** 食用菌; 保鲜; 包装

中图分类号: TS206.6; S609<sup>+</sup>.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)13-0092-07

## Advances on Fresh-keeping Packaging for Edible Fungi

ZHAO Bin<sup>1,2,3,4</sup>, ZHAO Mei-na<sup>1,3,4</sup>, YUAN Yi<sup>1,4</sup>, CUI Shuang<sup>4</sup>

(1.Chongqing Key Laboratory of Manufacturing Equipment Mechanism Design and Control, Chongqing 400067, China; 2.Chongqing International Union Research Center for Service Health Insurance for Equipment System, Chongqing 400067, China; 3.Chongqing Engineering Research Center for Processing, Storage and Transportation of Characterized Agro-Products, Chongqing 400067, China; 4.Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

**ABSTRACT:** The latest worldwide study progress in fresh-keeping packaging method for edible fungi was summarized. The relevant literatures on the fresh packaging of edible fungi were reviewed and sorted according to fresh keeping methods in recent years. The following factors were changed respectively in these fresh-keeping methods for edible fungi: temperature, gas environment, irradiation, fresh agent and package material, etc. The tendency of research and application is the simultaneous control and adjustment of multiple factors, leading to better preservation results. Edible fungi preservation could be prolonged by the synergy effect of different factors. Further theoretical research about the synergy effect should be done in order to find more effective and reasonable methods.

**KEY WORDS:** edible fungi; fresh keeping; packaging

食用菌味道鲜美, 营养丰富, 含有多种氨基酸、多糖、维生素、矿物质等, 有研究认为食用菌有抗肿瘤、免疫调节、抗病毒的功能<sup>[1]</sup>。民间有“吃四

条腿不如吃两条腿, 吃两条腿不如吃一条腿”的说法, 这里说的“一条腿”就是食用菌, 食用菌相比家畜、家禽等肉类更利于身体健康。随着人们对健康

收稿日期: 2015-12-23

基金项目: 重庆工商大学科研基金 (1552012)

作者简介: 赵彬 (1974—), 女, 吉林人, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为食品贮藏与保鲜、包装工艺与标准等。

饮食的关注,食用菌的消费量和产量也在逐年攀升。有数字显示,2011 年中国食用菌生产总量达到 2500 多万 t, 占世界总产量的 70%<sup>[2]</sup>。

## 1 食用菌在贮藏期生化变化

食用菌富含水分,采后一段时间仍然进行着旺盛的呼吸作用和酶的生化反应。新鲜的食用菌组织脆嫩,同时菌体没有外表皮的保护,容易受到物理损伤、出现微生物感染和水分损失现象,从而引起子实体褐变、菌盖开伞、菌柄伸长或弯曲、异味、出水、肉质品质下降甚至腐烂或产生病害,造成经济损失<sup>[3]</sup>。食用菌的贮藏主要从以下几个方面入手,调节呼吸作用和新陈代谢来抑制衰老、抑制微生物活动从而抑制腐败变质、控制水分蒸发等。食用菌的保鲜方法主要包括改变储藏温度或者气体环境、采用辐照技术、加入保鲜剂或者使用不同的包装材料、采用不同的包装方式等。

## 2 食用菌保鲜方法

### 2.1 温度

温度控制包括 2 种方式:采后预冷和低温冷藏。预冷可以及时去除食用菌的田间热,低温可以抑制酶活性,降低呼吸强度,从而维持其硬度和失水率,保持感官品质,抑制各种生理生化变化,延缓后熟,延长保鲜期。郑秀丽<sup>[4]</sup>发现经过真空预冷的茶树菇其自溶指数、蛋白质含量和蛋白酶、果胶含量和果胶酶、纤维素含量和纤维素酶和对照组相比具有显著性差异,适当的低温有利于延缓茶树菇的自溶进程,延长茶树菇的保鲜期。

巩晋龙<sup>[5]</sup>发现(1±0.5)℃适合贮藏杏鲍菇,表现为较长贮藏期内失重率低,感官品质保持良好,活性氧代谢和细胞壁代谢均得到有效控制,自溶和衰老被延缓,保鲜期延长。

低温常常结合预冷时间长短、真空环境、不同的薄膜材料、不同的包装方式等因子协同作用,上述巩晋龙在(1±0.5)℃条件下比较 PE 包装在不同包装方式下的保鲜效果,发现 PE 包装保鲜效果优于未包装组,而打孔包装效果好于密封包装。

张海峰等<sup>[6]</sup>探讨了预冷时间分别为 5, 10, 20, 30 min 对真空预冷条件为预冷终温 0℃和真空度 9 kPa 的双孢菇保鲜效果的影响,通过对双孢菇的

失重率、可溶性固形物含量、电导率等的综合比较,发现预冷时间为 10 min 时的保鲜效果最好。

孟令伟等<sup>[7]</sup>用 3 种薄膜保鲜袋分别在 4, 13 和 20℃环境下包装香菇,结果发现 3 个温度条件下香菇的储存期分别是 10, 7, 4 d。3 种薄膜对香菇的品质也有较大影响,HDPE 效果最好,LDPE/HDPE 次之,LDPE 最差。4℃下 HDPE 包装的香菇在相同贮藏期内品质最佳。

李志刚等<sup>[8]</sup>研究了 0, 2, 4, 6, 8℃温度条件和减压条件 0.06 MPa 对杏鲍菇贮藏品质的影响,发现 2~4℃为杏鲍菇减压贮藏条件下的适宜贮藏温度,可以有效延长其贮藏期。

### 2.2 气调的气体成分

气调包装可以有效抑制微生物生长,延长保鲜期。赵春霞、王洪霞、刘战丽<sup>[9-11]</sup>等的研究证明高氧气调环境可以有效保持双孢菇和金针菇的品质。

其他研究者将 MAP 和各种包材,不同的包装方式、清洗剂、复合吸湿剂等结合运用实现保鲜。杜传来<sup>[12]</sup>采用不同的气体吸收剂和不同厚度聚乙烯薄膜对双孢菇包装,得到保鲜效果最好的最佳吸收剂和膜厚度的组合。

Guillaume 等<sup>[13]</sup>在环境温度 20℃,相对湿度 80%的条件下,分别使用 PVC、纸膜、涂了面筋蛋白的纸膜封口的气调包装双孢菇比较其品质变化。结果发现,涂了面筋蛋白的纸膜封口的 MAP 保鲜效果最好,货架期长达 3 d。

Cliffe<sup>[14]</sup>等在 4℃条件下,比较了不同清洗剂结合 MAP 技术保鲜切片双孢菇的效果。结果表明,过氧化氢在抑制假单胞菌群上的效果优于二氧化氯,而过氧化氢与异抗坏血酸钠组成的复合消毒剂不仅能显著减少菌落总数,而且能维持感官质量,从而延长双孢菇的保鲜期。

冯建华等<sup>[15]</sup>在 0, 5℃预冷和不预冷条件下将香菇装入塑料托盘并用热收缩膜包裹,另外一组采用 MAP 技术包装。研究发现 0℃比 5℃预冷保鲜效果好。无论是运输还是贮藏,塑料托盘加热收缩膜包裹都有效地延长了香菇的保鲜期。其中,CO<sub>2</sub>和 O<sub>2</sub>的体积分数为 10%~13%和 2%~3%时保鲜效果最好。

赵东方等<sup>[16]</sup>将质量比为 3:1 的山梨醇和硅胶或者皂土制成复合吸湿剂,添加到 O<sub>2</sub>和 CO<sub>2</sub>体积分数为 80%和 20%的香菇高氧气调包装中,探讨其

对香菇贮藏品质的影响。结果发现复合吸湿剂添加量为 5 g 时降低了香菇的呼吸强度并明显推迟其呼吸高峰,而同样条件下,10 g 复合吸湿剂则有效缓解了香菇白度值的降低。

### 2.3 辐照

辐照保鲜利用辐照能量使有生命物质的新陈代谢、生长发育受到抑制或破坏,达到灭菌、调节熟度、保持食品鲜度、延长货架期的目的<sup>[17-18]</sup>。辐射法耗能少、灭菌效果显著,被认为是继巴氏杀菌法之后的食品保鲜的第二大突破<sup>[19]</sup>。臧红霞等<sup>[20]</sup>的研究证明,辐射对食用菌的影响主要有以下几点:显著抑制新鲜菇体的呼吸作用;抑制开伞:在一定剂量范围内,抑制开伞的效果与辐射剂量成正比;酶活性受到影响,延缓了菇体变色过程;杀死或抑制腐败微生物、病原微生物活动。辐照保鲜技术包括紫外、电子束、微波等几个大类,由于操作简单,各种辐照技术通常和保鲜剂、气调、冷藏等结合起来实现保鲜。

#### 2.3.1 紫外

Jiang T 等<sup>[21-23]</sup>学者发现紫外线能有效延长香菇的保鲜期,其中 Guan W 等<sup>[22]</sup>的研究表明,4 °C 贮藏 3 周,UV-C 能使香菇菇伞表面的总菌负载量降低,其中大肠杆菌负载量降低显著。辐照后褐变受到抑制,贮藏前 7 d 内抗氧化活性、总酚、抗坏血酸含量更低,14 d 后依然保持这个水平。

紫外辐射虽然能延长食用菌的保鲜期,但是紫外光的剂量并非越大越好,同时处理时间也不宜过长。Oms-Oliu 等学者<sup>[24-26]</sup>将紫外辐射和保鲜剂、MAP 技术、冷藏技术结合证明了这一点。Oms-Oliu 等将鲜切双孢菇先用抗坏血酸(1%)浸泡,然后用紫外光区为 15%~20%的脉冲光进行处理,货架期延长了 2~3 d。随着脉冲光剂量增加,多酚氧化酶更活跃导致褐变加剧。脉冲光的剂量在 4.8 J/m<sup>2</sup> 水平时延长保鲜期是合适的,剂量达到 28 J/m<sup>2</sup> 时,酚醛化合物、维生素 C 和抗氧化能力都明显降低。周春梅等<sup>[25]</sup>的研究发现,UV-C 处理白玉菇时间并非越长越好。如果处理时间过长,将会带给白玉菇损伤。李波等<sup>[26]</sup>用 UV-C 分别在 4, 20 °C 条件下照射鸡腿菇。结果表明,照射时间越长,抑制后熟、降低多酚氧化酶的活性的功效越明显,但同时带给鸡腿菇的损伤,比如褐变、呼吸增强等越明显,因此,照射时间不宜过长。

#### 2.3.2 电子束

电子束辐照能有效提高双孢菇的货架期,同时也有研究将电子束辐照和低温冷藏结合用于保鲜。Duan Z 等<sup>[27]</sup>的研究表明电子束辐照处理后夏块菌的破膜、开伞、褐变、腐烂、失重率均明显降低,软化速度明显延迟,丙二醛积累被抑制。贮藏 10 d 后多酚氧化酶 PPO 活性明显低于未经辐照时的水平,而过氧化氢酶活性基本维持原有水平。张娟琴等<sup>[28]</sup>用 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 kJ/m<sup>2</sup> 剂量的电子束辐照在 4 °C 下保鲜的双孢菇,发现除了维生素 C 对辐照比较敏感,4.0 kJ/m<sup>2</sup> 的辐照让维生素 C 含量减少了 31%,而其他营养成分则无明显变化,同时 2.0 kJ/m<sup>2</sup> 的辐照可以有效延长双孢菇的保藏时间。

#### 2.3.3 射线

射线处理过的食用菌再进行气调包装,可以延长保鲜期。Jiang 等<sup>[29]</sup>将香菇做自发气调包装在 BOPP 内,用  $\gamma$  射线照射,结果表明,1.0, 1.5, 2.0 kJ/m<sup>2</sup> 的  $\gamma$  射线辐照,尤其是 1.0 kJ/m<sup>2</sup> 的辐照能有效抑制环境温度(4±1)°C,相对湿度 90%贮藏条件下蘑菇的感官恶化,延缓蛋白质含量的减少,营养物质总糖含量高并且丙二醛累积少,酚类累计多,提高了蘑菇的抗氧化能力,从而延长蘑菇的货架期。Akram K 等<sup>[30]</sup>研究了贮藏条件为 5 °C 时,0, 1, 2, 3 kJ/m<sup>2</sup> 等不同剂量的辐照对杏鲍菇色泽、失重率、挥发性化合物等的影响,发现 1 kJ/m<sup>2</sup> 的辐照保鲜效果最好。

Carmen<sup>[31]</sup>等的研究发现 1.5 和 2.5 kJ/m<sup>2</sup> 剂量的阴极射线能够抑制 4 °C 条件下自发气调包装内夏块菌表面有害菌落的生长,同时保持其良好的感官品质。经过照射的夏块菌呼吸强度受到抑制,2.5 kJ/m<sup>2</sup> 剂量的照射可以使夏块菌的贮藏期从 21 d 延长到 42 d。

#### 2.3.4 微波

伍国明<sup>[32]</sup>的研究将微波处理和涂膜结合,发现壳聚糖或黄原胶单一涂膜可以延长草菇保鲜期,混合使用效果更佳。先微波杀菌后涂膜并于 15 °C 下储藏的草菇也可以获得理想的保鲜效果。

肖菲<sup>[33]</sup>的研究发现微波处理香菇后,低温 4 °C 贮藏与 15 °C 相比更有利于保持营养感官性状。合适的微波处理条件结合低温冷藏可以延长香菇保鲜期,维持香菇良好的感官与营养特性。

## 2.4 化学保鲜

化学保鲜主要包括保鲜剂、多糖和可食性涂膜等。目前的研究将化学保鲜和不同的包装方式、湿冷条件、气调结合运用,也有用复合保鲜剂来保鲜。

### 2.4.1 化学剂

张建华等<sup>[34]</sup>比较了不同质量分数的柠檬酸、抗坏血酸和亚硫酸钠等化学保鲜剂对白灵菇的保鲜效果,结果表明质量分数为 0.2%的亚硫酸钠对白灵菇保鲜效果最好。

吴国虹等<sup>[35]</sup>比较了(15±1)℃下打孔 PE 袋、PE 膜结合托盘、打孔 PE 膜结合托盘、双封袋气调包装、双封袋充氮包装等不同包装方式对乙烯抑制剂 1-MCP 处理后的草菇保鲜效果的影响。结果证明打孔 PE 膜结合托盘包装的贮藏效果最好。

张佳佳等<sup>[36]</sup>分别用质量分数为 0.02%的焦亚硫酸钠水溶液、4.28 mg/m<sup>3</sup>的臭氧气体以及一定浓度的臭氧水处理双孢蘑菇,在湿冷条件下(温度 3~5℃,相对湿度 90%~95%)贮藏,4.28 mg/m<sup>3</sup>的臭氧气体加剧了褐变,而 5.0 g/h 的臭氧气体通入 2 L 冰水中 2 min,得到的臭氧水具有很好的护色、保鲜作用,效果略好于质量分数为 0.02%的焦亚硫酸钠水溶液。

### 2.4.2 多糖

多糖类物质不仅具有良好的成膜性和阻气性,且具有一定的营养价值和保健功能,越来越受到研究者的关注<sup>[37]</sup>。刘海英等<sup>[38]</sup>的研究发现壳聚糖对食用菌病原菌如平菇的褐斑病原菌有抑制作用。壳聚糖浓度较大时,抑菌效果较强<sup>[39]</sup>。

周兵等<sup>[40-43]</sup>多位学者利用壳聚糖的衍生物以及壳聚糖和棘托竹荪菌丝体提取液复合,壳聚糖和大蒜汁、生姜汁复合,壳聚糖和乙酸吐温、甘油等制成的多种复合保鲜剂,发现它们都具有对食用菌的保鲜作用。

Wang 等<sup>[44]</sup>在温度(30±0.5)℃,相对湿度 85%~90%的条件下,比较了不同质量分数的海藻糖溶液预处理对白玉菇自发气调贮藏的品质,结果表明质量分数为 0.4%的海藻糖能有效保持白玉菇的硬度、感官品质和可溶性总糖含量,减轻褐变发生和失重率,并抑制白玉菇的呼吸速率、多酚氧化酶活性等。

### 2.4.3 可食性涂膜

可食性涂膜涂在食用菌表面,可以阻隔水气、氧气或者各种溶质的渗透<sup>[45]</sup>。目前,多种成分混合

结合低温冷藏使用较多。徐吉祥等<sup>[46]</sup>利用卡拉胶(0.2%)、魔芋胶(0.2%)、甘油(1.0%)、蔗糖酯(0.5%)、山梨酸钾(1%)和苯甲酸钠(1%)配制而成的复合保鲜涂膜,平菇经过这种保鲜涂膜处理后,置于 2~5℃低温条件下可以保藏 20 d 左右,而常温下自然保鲜不超过 2 d,因此大大延长了平菇的货架期。

徐吉祥等<sup>[47]</sup>还利用卡拉胶(0.2%)、魔芋胶(0.2%)、甘油(1.0%)、蔗糖酯(0.5%)、乳酸链霉素(0.1%)和纳他霉素(0.05%)配制而成的复合保鲜涂膜。经过涂膜并在 2~5℃低温下的茶薪菇保鲜期延长至 20 d。

## 2.5 包装材料

对包装材料的保鲜功能的探讨也不单单局限于材料本身,学者们将低温、气调、辐射等技术和新型包装材料结合运用。杨芹<sup>[48]</sup>采用添加了抑菌杀菌、乙烯催化剂等活性纳米粒子的新型聚乙烯复合材料包装金针菇和双孢菇,与普通聚乙烯材料进行比较。结果发现在 4℃的低温条件下,该材料具有保鲜双孢菇和金针菇的效果。王本成等<sup>[49]</sup>用西安某公司生产的 P.B.I.袋和福建某研究所保鲜袋进行对比,比较保鲜双孢菇和鸡腿菇的效果。研究发现,在 1~4℃条件下用 P.B.I.袋包装的双孢菇保鲜期提高 12d,20℃常温条件下,双孢菇可以多存放 6 d,而该保鲜袋对鸡腿菇的保鲜效果不明显。

王俊城等<sup>[50]</sup>对预先用质量分数为 0.4%的海藻糖处理过的白玉菇,使用不同薄膜材料自发气调包装,发现 PVC 和 PP 薄膜包装能有效保持白玉菇鲜度,而 LDPE 薄膜效果不佳。

周春梅等<sup>[51]</sup>在 25℃室温下,对经过短波紫外线照射处理的白玉菇,用 PVC 膜、0.06 mm PE 膜、PVC 膜、微孔膜等薄膜材料自发气调包装。结果发现 PVC 膜、0.06 mm PE 膜能有效推迟白玉菇呼吸峰值的出现,同时维持较高的硬度和含糖量。

## 3 结语

在食用菌保鲜中,利用多个因子结合,即所谓栅栏效应来控制其生理生化变化延长保鲜期逐渐成为一种趋势。至今为止的研究显示,温度、气体环境、辐照、保鲜剂、包材等因子的协同作用能够显著地延长食用菌保鲜期,但这些结合还基本限于应用,还没有从理论上分析并解释各个因子在协同

效应中发挥的作用,分析因子之间的相互影响。如果能够实现这些,就可以根据食用菌的特性,选择相应的因子进行结合,确定最科学、合理的保鲜方法,进而为食用菌产业带来更大的经济效益。

#### 参考文献:

- [1] OUZOUNI P K, PETRIDIS D, RIGANAKOS K A, et al. Nutritional Value and Metal Content of Wild Edible Mushrooms Collected from West Macedonia and Epirus, Greece[J]. *Food Chemistry*, 2009, 115(4):1575—1580.
- [2] 新华网. 中国成全球食用菌产量第一大国[EB/OL]. [2015-11-22](2012-09-18).[http://news.xinhuanet.com/2012-09/18/c\\_113120210.htm](http://news.xinhuanet.com/2012-09/18/c_113120210.htm).  
Xinhua Net. China Has Become the World's Largest Producer of Edible Mushroom[EB/OL]. [2015-11-22](2012-09-18). [http://news.xinhuanet.com/2012-09/18/c\\_113120210.htm](http://news.xinhuanet.com/2012-09/18/c_113120210.htm).
- [3] 秦俊哲, 吕嘉彬. 食用菌贮藏保鲜与加工新技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2003.  
QIN Jun-zhe, LYU Jia-li. *New Technology of Storage and Processing of Edible Fungi*[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2003.
- [4] 郑秀丽. 茶树菇自溶机理与真空预冷技术研究[D]. 福州:福建农林大学, 2011.  
ZHENG Xiu-li. *Study On Autolysis Mechanisms and Vacuum Cold Technology of Agrocybe Aegerita*[D]. Fuzhou:Fujian University of Agriculture and Forestry, 2011.
- [5] 巩晋龙. 杏鲍菇冷藏保鲜技术及自溶机理研究[D]. 福州:福建农林大学, 2013.  
GONG Jin-long. *Study on Freshness Preservation Technology and Autolysis Mechanism of Pleurotus Eryngii*[D]. Fuzhou:Fujian University of Agriculture and Forestry, 2013.
- [6] 张海峰, 王延锋, 韩省华, 等. 预冷时间对双孢菇真空预冷保鲜效果的影响[J]. *安徽农业科学*, 2014(2):6798—6799.  
ZHANG Hai-feng, WANG Yan-feng, HAN Xing-hua, et al. Effect of Different Pre-cooling Time on Preservation of *Agaricus Bisporus*[J]. *Anhui Agricultural Science*, 2014(2):6798—6799.
- [7] 孟令伟, 张芳, 胡亚光. 储藏温度及保鲜包装薄膜对香菇品质的影响[J]. *包装工程*, 2014, 35(13):31—35.  
MENG Ling-wei, ZHANG Fang, HU Ya-guang. Effects of Storage Temperature and Packaging Film on the Quality of Shiitake Mushroom[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(13):31—35.
- [8] 李志刚, 宋婷, 冯翠萍, 等. 不同温度对杏鲍菇减压贮藏品质的影响[J]. *农业工程学报*, 2015(3):332—338.  
LI Zhi-gang, SONG Ting, FENG Cui-ping, et al. Effect of Different Temperature on Hypobaric Storage Quali-
- ty of *Pleurotus Eryngii*[J]. *Transactions of the CSAE*, 2015(3):332—338.
- [9] 赵春霞, 李大虎, 程玉娇, 等. 高氧气调包装对双孢菇品质的影响[J]. *包装工程*, 2014, 35(15):5—10.  
ZHAO Chun-xia, LI Da-hu, CHENG Yu-jiao, et al. Effect of Modified Atmosphere Packaging with O<sub>2</sub> on the Qualities of *Agaricus Bisporus*[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(15):5—10.
- [10] 王洪霞, 张敏. 高氧气调包装对金针菇保鲜品质的影响[J]. *包装工程*, 2013, 34(9):18—23.  
WANG Hong-xia, ZHANG Min. Influence of High Concentration Oxygen Modified Atmosphere Packaging on *Flammulina Velutipes* Preservation Quality[J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(9):18—23.
- [11] 刘战丽, 王相友, 朱继英, 等. 高氧气调贮藏下双孢蘑菇品质和抗性物质变化[J]. *农业工程学报*, 2010(5):362—366.  
LIU Zhan-li, WANG Xiang-you, ZHU Ji-ying, et al. Effects of High Oxygen Atmosphere on Quality and Resistant Substance of Mushroom[J]. *Transactions of the CSAE*, 2010(5):362—366.
- [12] 杜传来, 郁志芳, 韩玲玲, 等. 气调保鲜包装对双孢菇贮藏效果的影响[J]. *包装工程*, 2010, 31(23):17—21.  
DU Chuan-lai, YU Zhi-fang, HAN Ling-ling, et al. Effect of Fresh-keeping Modified Atmosphere Packaging on Storage of *Agaricus Bisporus*[J]. *Packaging Engineering*, 2010, 31(23):17—21.
- [13] GUILLAUME C, SCHWAB I, GASTALDI E, et al. Biobased Packaging for Improving Preservative of Fresh Common Mushrooms (*Agaricus Bisporus*)[J]. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2010, 11(4):690—696.
- [14] CLIFFE B V, BEIREN D O. Effects of Washing Treatment on Microbial and Sensory Quality of Modified Atmosphere (MA) Packaged Fresh Sliced Mushrooms (*Agaricus Bisporus*)[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 48(2):283—294.
- [15] 冯建华, 徐新明, 李继兰, 等. 香菇采后预处理及气调保鲜技术研究[J]. *中国食用菌*, 2010(2):51—53.  
FENG Jian-hua, XU Xin-ming, LI Ji-lan, et al. Research on the Pretreatment and CA Technology of *Lentinus Edodes*[J]. *Edible Fungi of China*, 2010(2):51—53.
- [16] 赵东方, 魏丹, 周晓庆, 等. 复合吸湿剂对高氧气调包装香菇品质的影响[J]. *包装工程*, 2012, 33(23):14—19.  
ZHAO Dong-fang, WEI Dan, ZHOU Xiao-qing, et al. Effect of Mixed Absorbers on Quality of Stored Mushrooms in High Oxygen Modified Atmosphere[J]. *Packaging Engineering*, 2012, 33(23):14—19.
- [17] 陈飞东, 赵芸, 陆清儿. 辐照保鲜技术在食品中的应用研究[J]. *安徽农业学报*, 2007, 13(20):125—127.  
CHEN Fei-dong, ZHAO Yun, LU Qing-er, Study on Application of Irradiation Technology on Food Pre-

- servation[J]. *Anhui Journal of Agriculture*, 2007, 13(20):125—127.
- [18] FERNANDES A, ANTONIO A, OLIVEIRA M, et al. Effect of Gamma and Electron Beam Irradiation on the Physic-Chemical and Nutritional Properties of Mushrooms: A Review[J]. *Food Chemistry*, 2012, 124(2): 641—650.
- [19] AKRAM K, KWON J H. Food Irradiation for Mushrooms: A Review[J]. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 2010, 53(3):257—265.
- [20] 臧红霞. 食用菌的贮藏与保鲜[J]. *现代农村科技*, 2012(3):65—67.  
ZANG Hong-xia. Storage and Preservation of Edible Fungi[J]. *Modern Agriculture*, 2012(3):65—67.
- [21] JIANG T, JAHANGIR M M, JIANG Z, et al. Influence of UV-C Treatment on Antioxidant Capacity, Antioxidant Enzyme Activity and Texture of Postharvest Shiitake(*Lentinus Edodes*)Mushrooms during Storage[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2010, 56(3): 209—215.
- [22] GUAN W, FAN X, YAN R. Effect of UV Treatment on Inactivation of *Escherichia Coli* O157: H7, Microbial Loads and Quality of Button Mushrooms[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012,64(1):119—125.
- [23] RAMOS A, ARON N, MARTION O, et al. The Role of Pulsed Light Spectral Distribution in the Inactivation of *Escherichia Coli* and *Listeria Innocua* on Fresh-Cut Mushrooms[J]. *Food Control*, 2012(4):206—213.
- [24] OMS-OLIU G, AGUILIO I, MARTIN O, et al. Effects of Pulsed Light Treatments on Quality and Antioxidant Properties of Fresh-Cut Mushrooms(*Agaricus Bisporus*) [J]. *Postharvest Biol Tech*, 2010(6):216—222.
- [25] 周春梅, 王欣, 刘宝林, 等. 短波紫外线处理对白玉菇气调保鲜的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2011, 37(3): 230—234.  
ZHOU Chun-mei, WANG Xin, LIU Bao-lin, Effect of Ultraviolet-C Irradiation on the Fresh-keeping of White Mushrooms in MAP[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2011, 37(3):230—234.
- [26] 李波, 芦菲, 余小领, 等. 短波紫外线照射对鸡腿菇护色保鲜的影响[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(6): 306—309.  
LI Bo, LU Fei, YU Xiao-ling, et al. Effect of Ultraviolet-C Irradiation on the Fresh-keeping of *Coprinus Comatus*[J]. *Transactions of the CSAE*, 2009, 25(6): 306—309.
- [27] DUAN Z, XING Z, SHAO Y, et al. Effect of Electron Beam Irradiation on Postharvest Quality and Selected Enzyme Activities of the White Button Mushroom, *Agaricus Bisporus*[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, 58(17):9617—9621.
- [28] 张娟琴, 邢增涛, 白冰, 等. 电子束辐照对双孢菇采后品质的影响[J]. *核农学报*, 2011, 25(1):88—92.  
ZHANG Juan-qin, XING Zeng-tao, BAI Bing, et al. Effect of Electron Beam Irradiation on Postharvest Quality of *Agaricus Bisporus*[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Science*, 2011, 25(1):88—92.
- [29] JIANG T, LUO S, CHEN Q, et al. Effect of Integrated Application of Gamma Irradiation and Modified Atmosphere Packaging on Physicochemical and Microbiological Properties of Shiitake Mushroom(*Lentinus Edodes*)[J]. *Food Chemistry*, 2010, 122(3):761—767.
- [30] AKRAM K, AHN J J, YOON S R, et al. Quality Attributes of *Pleurotus Eryngii* Following Gamma Irradiation[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2012(6):42—47.
- [31] CARMEN S R, DOMINGO B, PEDRO M, et al. Effects of Electron Beam Irradiation on the Shelf Life, Microbial Population and Sensory Characteristics of Summer Truffles (*Tuber Aestivum*) Packaged under Modified Atmosphere[J]. *Food Microbiology*, 2011(8): 141—148.
- [32] 伍国明. 微波处理与涂膜对草菇控温贮藏保鲜的影响研究[J]. *食用菌学报*, 2009, 16(2):45—50.  
WU Guo-ming. Effect of Microwave Treatment and Film Coating on Preservation of *Volvaria Volvacea* in Controlled Temperature[J]. *Journal of Edible Fungi*, 2009, 16(2):45—50.
- [33] 肖菲. 微波杀菌对香菇品质影响研究[D]. 上海:上海交通大学, 2012.  
XIAO Fei. Effect of Microwave Sterilization on Quality of Mushroom[D]. Shanghai:Shanghai Jiaotong University, 2012.
- [34] 张建华. 白灵菇化学保鲜技术研究[J]. *现代农业科技*, 2011(11):151—156.  
ZHANG Jian-hua. Study on Preservation Technology of *Pleurotus Nebrodonsis*[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2011(11):151—156.
- [35] 吴国虹, 谢宝贵, 江玉姬, 等. 不同包装方式对1-MCP处理草菇的保鲜效应[J]. *食用菌学报*, 2014, 21(3):60—65.  
WU Guo-hong, XIE Bao-gui, JIANG Yu-ji, et al. Effect of Different Packaging Methods on the Preservation Quality of Straw Mushrooms Treated by 1-MCP[J]. *Journal of Edible Fungi*, 2014, 21(3):60—65.
- [36] 张佳佳, 蒋益虹, 邵永华, 等. 湿冷与臭氧技术在双孢蘑菇保鲜上的应用[J]. *中国食品学报*, 2008,8(6): 75—81.  
ZHANG Jia-jia, JIANG Yi-hong, SHAO Yong-hua, et al. Application of Humidicool and Ozone Technology in the Preservation of *Agaricus Bisporus*[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2008, 8(6):75—81.
- [37] 徐丽婧, 高丽朴, 王清, 等. 辐照保鲜技术及其在双孢蘑菇保鲜中的应用[J]. *食品工业科技*, 2014(9): 392—395.  
XU Li-jing, GAO Li-pu, WANG Qing, et al. The Application of the Irradiation Technology in *Agaricus Bisporus* Preservation[J]. *Science and Technology of*

- Food Industry, 2014(9):392—395.
- [38] 刘海英, 范永山, 许建国. 壳聚糖对平菇褐斑病菌的抑制作用[J]. 食用菌学报, 2008(6):53—55.  
LIU Hai-ying, FAN Yong-shan, XU Jian-guo. Inhibitory Effect of Chitosan on *Pleurotus Acicola*[J]. *Edible Fungi*, 2008(6):53—55.
- [39] 卢浩, 郭英. 羟丙基壳聚糖与表面活性剂的缓蚀协同效应[J]. 表面技术, 2014, 43(6):69—74.  
LU Hao, GUO Ying. Synergistic Inhibition Effect of Hydroxypropyl Chitosan and Surfactant for Carbon Steel[J]. *Surface Technology*, 2014, 43(6):69—74.
- [40] 周兵, 励建荣, 黄建颖, 等. 壳聚糖衍生物对香菇生物涂膜保鲜的研究[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(9):212—216.  
ZHOU Bing, LI Jian-rong, HUANG Jian-ying, et al. Study on the Preservation of Chitosan Derivatives on the Mushroom as Film Coating[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2011, 37(9):212—216.
- [41] 樊建, 吴素蕊, 侯波, 等. 壳聚糖和棘托竹荪菌丝体提取液对牛肝菌保鲜效果研究[J]. 中国食品添加剂, 2011, 106(3):122—126.  
FAN Jian, WU Su-rui, HOU Bo, et al. Study on Preservation of *Boletus Edulis* by Coating with Chitosan and *Dictyophora Echino-volvata*[J]. *China Food Additives*, 2011, 106(3):122—126.
- [42] 譙康全. 壳聚糖复合保鲜剂对鸡腿菇保鲜效果的研究[J]. 食品工业, 2012, 33(4):14—16.  
QIAO Kang-quan. Study on Effect of Chitosan Composite Preservative on Preservation of *Coprinus Comatus*[J]. *Food Industry*, 2012, 33(4):14—16.
- [43] 孔芳, 薛正莲, 杨超英. 壳聚糖复合涂膜对杏鲍菇保鲜效果的研究[J]. 中国农学通报, 2013, 23(18):215—220.  
KONG Fang, XUE Zheng-lian, YANG Chao-ying. Effect of Chitosan Composite Coating on Preservation of *Pleurotus Eryngii*[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 23(18):215—220.
- [44] WANG J C, WANG X, ZHOU C M, et al. The Effect of Trehalose Treatment on Postharvest White *Hypsizygus Marmoreus* during MAP Storage[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2010, 36(3):202—206.
- [45] 提伟钢, 于文越, 邵士凤, 等. 可食性涂膜保鲜技术研究进展[J]. 保鲜与加工, 2013, 13(2):49—52.  
TI Wei-gang, YU Wen-yue, SHAO Shi-feng, et al. Research Progress of Edible Coating Preservation Technology[J]. *Storage and Process*, 2013, 13(2):49—52.
- [46] 徐吉祥, 钟贵兴, 彭珊珊. 复合保鲜膜在平菇保藏中的应用[J]. 食品研究与开发, 2010, 31(5):164—167.  
XU Ji-xiang, ZHONG Gui-xing, PENG Shan-shan. The Application of Compound Refreshing Coating Film in Preservation of Oyster Mushroom[J]. *Food Research and Development*, 2010, 31(5):164—167.
- [47] 徐吉祥, 王飞生, 陈景勇. 可食性涂膜保藏茶薪菇的研究[J]. 广东农业科学, 2010(5):121—123.  
XU Ji-xiang, WANG Fei-sheng, CHEN Jing-yong. Research on Edible Coating Preservation of *Agrocybeaegerita*[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2010(5):121—123.
- [48] 杨芹. 纳米包装材料对金针菇、双孢蘑菇保鲜品质的影响[D]. 南京:南京农业大学, 2012.  
YANG Qin. Effects of Nano-Packing on Preservation Quality of *Flammulina Velutipes* and *Agaricus Bisporus*[D]. Nanjing: Agricultural University of Nanjing, 2012.
- [49] 王本成, 马鑫, 王猛. P.B.I保鲜袋对双孢蘑菇鸡腿菇保鲜效果比较试验[J]. 食用菌, 2011(4):53—54.  
WANG Ben-cheng, MA Xin, WANG Meng. Comparison of Preservation Effect of P.B.I. Fresh-keeping Bag on *Agaricus Bisporus* and *Coprinus Comatus*[J]. *Edible Fungi*, 2011(4):53—54.
- [50] 王俊城, 王欣, 周春梅, 等. 海藻糖处理对白玉菇高温自发气调贮藏货架期品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2010, 36(3):202—206.  
WANG Jun-cheng, WANG Xin, ZHOU Chun-mei, et al. Effect of Trehalose Treatment on Storage Quality of White Mushroom in High Temperature and MAP[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2010, 36(3):202—206.
- [51] 周春梅, 王欣, 刘宝林. 不同薄膜包装对白玉菇自发气调保鲜的效果[J]. 食品与发酵工业, 2010(6):205—210.  
ZHOU Chun-mei, WANG Xin, LIU Bao-lin. Effect of Different Packaging Film on White *Hypsizygus Marmoreus* Preservation in MAP[J]. *Food and Fermentation Industry*, 2010(6):205—210.