

DOI:10.11937/bfyy.201624049

# 食用蘑菇保鲜技术研究进展

段小明, 刘升, 贾丽娥, 严灿, 王达, 张潇方

(北京市农林科学院 蔬菜研究中心, 国家蔬菜工程技术研究中心, 北京 100097)

**摘 要:**蘑菇是人们日常饮食的重要组成部分。蘑菇采后易腐,食用品质迅速下降,需采用适宜的保鲜技术来维持蘑菇的贮藏品质,延长蘑菇的货架期。现从预冷、贮藏环境控制、气调包装、化学保鲜剂保鲜、辐照保鲜等方面对蘑菇的采后保鲜技术进行了综述。结果表明:存在安全隐患和难以实现工业化是蘑菇采后保鲜技术存在的主要问题;大多蘑菇采后保鲜技术仍处于实验室阶段且难以实现工业化应用;关于蘑菇的研究还不够全面和深入。复合保鲜技术的应用是蘑菇保鲜技术发展的主要趋势。

**关键词:**蘑菇;贮藏;保鲜;进展

**中图分类号:**S 646 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0190-05

蘑菇是可供人们食用的大型真菌,具有肉眼可见、徒手可摘、形状不同的子实体,俗称菇、菌、蕈、耳、伞等<sup>[1]</sup>。食用蘑菇味道鲜美,高蛋白质、低脂肪,富含多种氨基酸、维生素、微量元素和生理功能活性成分,被世界公认为“健康食品”<sup>[2]</sup>。近年来,我国食用蘑菇生产发展

迅速,已成为世界食用蘑菇生产和出口大国,食用菌产品成为我国农副产品出口创汇的主要商品之一<sup>[3]</sup>。

食用蘑菇具有含水量高、组织脆嫩等特点,表面无保护结构,贮藏期间仍进行呼吸作用,水分发生散失,化学组成发生变化,出现酶促褐变和自然氧化,易受到微生物和害虫的侵染<sup>[4]</sup>。因此,食用蘑菇采后应迅速进行保鲜。现对食用蘑菇的贮藏保鲜技术进行了综述,指出食用蘑菇现有保鲜技术中存在的问题,并对食用蘑菇采后保鲜技术的发展趋势进行展望。

## 1 蘑菇采后保鲜技术研究进展

蘑菇属于呼吸跃变型,采后仍进行强烈代谢活动,出现褐变、菌柄伸长、变色、软化、开伞、萎缩、风味质地下降、腐烂等现象<sup>[2]</sup>。适宜的保鲜技术可有效抑制蘑菇的采后生理活动,延长其货架期。

**第一作者简介:**段小明(1989-),女,硕士,研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail:duanxiaoming89@163.com.

**责任作者:**刘升(1960-),男,本科,教授级高级工程师,现主要从事果蔬冷链装备和技术及制冷工程等研究工作。E-mail:liusheng@nercv.org.

**基金项目:**“十二五”国家科技支撑计划重点资助项目(2015BAD19B02);北京市农林科学院科技创新能力建设专项资助项目(KJCX20140205)。

**收稿日期:**2016-07-26

**Abstract:**Based on the review of Zhongmou county garlic industry development history and combining Zhongmou county garlic industry development present situation and existing problems,combined with Zhongmu county long-term planning blueprint,we put forward the thoughts of the reform of Zhongmou county garlic industry supply side and the main countermeasures of Zhongmou county garlic industry development. First of all,to aim at increasing farmers' income,Zhongmou county would accelerate reform of the garlic industry supply side,make the overall planning of the garlic industry as soon as possible,establish clear garlic industry policy,program software and hardware construction of perfecting industrial environment. Second,Zhongmou county would speed up the supply side to the garlic industry restructuring as the main reform,establish leading enterprises pulling and new agricultural management main body to develop environment,to accelerate the mainly wholesale garlic industry logistics center of circulation service system construction,vigorously promote the standardization of production and marketing the whole production,establish the quality traceability supervision system and garlic insurance safeguard system,fundamentally change the contradiction between supply and demand of garlic production,enhance the overall efficiency of the garlic industry.

**Keywords:**Zhongmu county;garlic industry;supply side reform;thoughts and countermeasure

1.1 预冷

预冷是果蔬冷链的重要环节之一,可有效降低果蔬采后的呼吸强度,抑制酶和乙烯的释放,降低果蔬生理代谢率,减少生理病害的发生<sup>[5]</sup>。食用蘑菇的预冷方式主要是真空预冷,真空预冷的研究目前主要集中在真空预冷工艺及预冷果蔬后期贮藏效果的研究。由表 1 可知,影响食用蘑菇真空预冷效果的参数主要有预冷温度、预冷压力、水分添加量、装载量等;食用蘑菇采后经过真空预冷操作,呼吸作用被抑制,营养物质的损失降低,感官品质被有效维持。

1.2 贮藏温度、湿度控制

贮藏温度、相对湿度(relative humidity, RH)、气体组成等条件是影响蘑菇贮藏品质的重要因素。不同的蘑菇对贮藏温、湿度的要求不完全相同。高温条件下,蘑菇的呼吸作用旺盛,易于腐败变质。低温是抑制蘑菇采后生理活动的有效手段,湿度对蘑菇的保鲜效果影响

很大,湿度过高,蘑菇吸水且易于腐烂,湿度过低易造成失重,水分蒸发迅速。张晓聪<sup>[12]</sup>的研究表明双孢蘑菇在(1±0.5)℃条件下贮藏,褐变度(browning degree, BD)较低,内部白度(HW 值)较高,低于 0℃贮藏时,蘑菇表面的冷凝水冻结,导致子实体表面伤害而引起褐变或黄化。刘志芳<sup>[13]</sup>研究了不同贮藏温度(1、5、10、15、20℃)对鸡腿蘑呼吸强度、褐变度、失重率、多酚氧化酶(PPO)活性、可溶性总糖含量的影响,结果表明(1±0.5)℃的低温可明显抑制鸡腿蘑的开伞、失重和褐变,推迟呼吸高峰的出现。MAHAJAN 等<sup>[14]</sup>的研究表明贮藏温度(4、10、16℃)和相对湿度(76%、86%、96%)显著影响双孢蘑菇的蒸腾速率;4℃下,贮藏湿度由 76%升至 96%后,蒸腾速率下降了 87%;96%相对湿度条件下,贮藏温度由 16℃降至 4℃后,蒸腾速率下降了 61%。上述研究表明,贮藏温湿度的控制对于蘑菇的保鲜至关重要。

表 1 蘑菇预冷技术

Table 1 Pre-cooling technology of mushroom

样品	预冷方式	预冷参数	评价指标	效果	文献
Sample	Precooling method	Precooling parameter	Evaluation index	Effect	Reference
白蘑菇	真空预冷	预冷温度 5℃,水分添加量 5%,最终预冷压力 250 Pa	色差、可溶性固形物	指标数值均较高	[6]
双孢菇	真空预冷	预冷温度 5℃,最终预冷压力 0.3 kPa	呼吸强度、失重率、维生素 C 含量、细胞膜透性、感官	各指标的变化幅度均有所减少,货架期延长了 4~5 d	[7]
杏鲍菇	真空预冷	预冷终温 1℃,真空槽装载率 20%、预冷前补水 18 g·kg <sup>-1</sup>	预冷时间、预冷结束的失水量及商品率(贮藏 14 d)	预冷时间短,失水量小,商品率高,保存效果好	[8]
白蘑菇	真空预冷	预冷终温 5℃,预湿润处理的水分添加量 5%	失重率、水分含量、水分活度、可溶性固形物、色泽	预冷时间更短,样品贮藏效果较好	[9]
姬菇	真空预冷	预冷终温 1℃,预冷时间 20 min	感官品质、失水率	减缓感官品质及失水率的下降,延长贮藏期	[10]
双孢菇	真空预冷	预冷温度 5℃、最终预冷压力 0.5 kPa	MDA 含量,超氧阴离子生成速率	延长货架期,减少 MDA 和超氧阴离子的生成	[11]

1.3 气调包装保鲜

气调包装又称限气包装,是指将包装抽真空,然后充入预先配置的适宜混合气体。贮藏过程中,包装内产品的呼吸作用与包装膜的透气率之间形成动态平衡状态,形成一种适合产品保鲜的环境气氛,以有效地抑制新鲜产品的呼吸强度,降低其生理活动及营养消耗,延

长贮运周期<sup>[15]</sup>。影响气调包装内的气体比例的主要因素包括:一是通过呼吸作用吸收 O<sub>2</sub> 并放出 CO<sub>2</sub> 等气体;二是包装薄膜的透气特性会使包装袋内与袋外的气体进行交换,从而影响气调效果<sup>[16]</sup>。由表 2 可知,气调包装可有效减缓食用菌在采后贮藏期间的营养流失,起到护色作用。

表 2 蘑菇气调包装保鲜技术

Table 2 Modified atmosphere packaging technology of mushroom

样品	方式	包装材料	贮藏参数	研究结果	文献
Sample	Method	Packing material	Storage parameter	Study result	Reference
白灵菇	自发	6 种特制抑菌膜、2 种 PE 膜	0℃,90 d	0.03 mm 的抑菌膜Ⅱ、Ⅲ包装白灵菇,在 0℃下贮藏可达 90 d	[17]
双孢蘑	人工	0.06~0.08 mm 厚的聚氯乙烯薄膜	0℃,RH 60%~70%,60 d	5% O <sub>2</sub> +95% N <sub>2</sub> 的包装有效延缓蘑菇褐变	[12]
白玉菇	人工	0.06 mm PE 膜	25℃,9 d	0.4% O <sub>2</sub> +13.0% CO <sub>2</sub> +86.6% N <sub>2</sub> 推迟呼吸及 PPO 活性高峰;失重率较低且可溶性总糖含量、硬度较高;保鲜时间达 7 d 以上	[15]
白灵菇	自发	微孔 PE 膜、不同厚度的 PE 膜、打孔 PA 膜	0℃,RH 60%~70%,60 d	20% CO <sub>2</sub> +4% O <sub>2</sub> 体积分数条件下贮藏结束后,感官品质较好,营养物质含量较高	[18]
金针菇	自发	50 μm 纳米膜、50 μm PE 膜	(2±1)℃,20 d,	纳米膜维持较高的抗氧化酶活性,降低超氧阴离子生成速率,维持 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 的代谢平衡,抑制细胞膜脂的过氧化作用,延缓外观品质变化	[19]
白灵菇	人工	0.05 mm PE 膜、0.035 mm PE 膜、微孔膜	0℃,40 d	0.035 mm PE 抽真空充 N <sub>2</sub> 包装较好地保持外观品质,降低 PPO、POD 活性,抑制褐变及膜脂过氧化程度,延缓衰老进程	[20]

表 2(续)

Table 2(Continued)

样品 Sample	方式 Method	包装材料 Packing material	贮藏参数 Storage parameter	研究结果 Study result	文献 Reference
金针菇	人工	PE 塑料袋(20 cm×30 cm,厚度 0.5~1 mm)	0~3 ℃,37 d	80% O <sub>2</sub> 的包装金针菇的 PPO 活性、MDA 和游离 AA 含量最低,水分和还原糖损失最少,感官变化最小,保鲜效果最好	[21]
香菇	人工	30 μm CPP 袋	(4±1)℃,RH 90%,26 d	4.59% O <sub>2</sub> 、20.13% CO <sub>2</sub> 、顶隙空间 0.67 条件下,贮藏结束后,PPO 活性为 5.00 U,粗蛋白 0.54%,总糖质量分数 52.08%	[22]
茶树菇	人工硅窗	聚丙烯盒(18 cm×12 cm×4 cm)	(3±1)℃,RH 85%,20 d	10% O <sub>2</sub> +10% CO <sub>2</sub> +80% N <sub>2</sub> 条件最适合,呼吸强度、维生素 C、总酸、SSC、蛋白质含量和相对电导率变化缓慢	[23]
白灵菇	自发	0.03、0.05 mm PVC 膜;0.015、0.03、0.05 mm PE 膜;0.015 mm 微孔膜	4 ℃,RH 95%,28 d	0.05 mm 薄膜包装内可形成稳定的低 O <sub>2</sub> (0.3%~2.1%)高 CO <sub>2</sub> (6%~10.3%)环境,推迟 PPO 活性升高和高峰出现;维持多糖生物有效性,抑制褐变,减缓营养成分损失,延长贮藏期	[24]
双孢蘑菇	人工	0.02 mm LDPE 膜;0.033、0.058 mm PVC 膜	2 ℃,11 d	0.058 mm PVC 膜包装,15% O <sub>2</sub> +10% CO <sub>2</sub> 气体比例可较好的维持双孢菇的贮藏品质	[25]
香菇	自发	100 μm PE 膜	10 ℃,RH 90%,7 d	高氧气调(初始氧气 100%)和中氧气调(50% O <sub>2</sub> +50% N <sub>2</sub> )可较好的维持香菇的营养品质	[26]
香菇	人工	置于 PP 托盘(18 cm×20 cm)中 35 μm PP 膜包装	4 ℃,17 d	2% O <sub>2</sub> +10% CO <sub>2</sub> 的气体成分抑制呼吸强度的和 MDA 含量的增高;延缓硬度、可溶性糖、维生素 C 含量的降低;显著降低 PPO 活性和褐变度	[27]

注:PE, polyethylene,聚乙烯;PA, polyamide,聚酰胺;CPP, cast polypropylene,流延聚丙烯;PP, polypropylene,聚丙烯;LDPE, low density polyethylene,低密度聚乙烯;PVC, polyvinylchloride,聚氯乙烯;PPO, polyphenol oxidase,多酚氧化酶;POD, peroxidase,过氧化物酶;AA, amino acid,氨基酸;SSC, soluble solid content,可溶性固形物含量;H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 过氧化氢。

1.4 化学保鲜剂保鲜

蘑菇的化学保鲜是采用添加化学保鲜剂的方式来维持蘑菇的品质,延长其贮藏期。通过添加适宜的化学

保鲜剂,可有效维持蘑菇的色泽和质地,抑制褐变现象的发生,维持营养物质的含量,提升蘑菇的贮藏品质和商品价值,见表 3。

表 3

蘑菇保鲜剂技术

Table 3

Preservative agent technology of mushroom

样品 Sample	保鲜剂 Preservative agent	处理参数 Treatment parameter	贮藏参数 Storage parameter	效果 Effect	文献 Reference
双孢蘑菇	12 mmol · L <sup>-1</sup> L-Cys、0.05% 维生素 C、0.15%Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	浸泡时间 8 min	(3±1)℃,9 d	有利于色泽保持,配合气调保鲜可使其保鲜期超过 10 d	[28]
双孢菇	150 mg · L <sup>-1</sup> 稳定态二氧化氯	处理时间 10 min	17 ℃或 4 ℃,8 d	保持白度和 SOD 活性,降低呼吸强度和可溶性蛋白质含量的下降,抑制 PPO 活性,推迟 POD 活性高峰的出现	[29]
双孢菇	臭氧>500 mg · kg <sup>-1</sup>	处 理 时 间 5、10、15 min	(1±0.5)℃,RH(90±5)%,21 d	不能减缓 BD 的上升,处理时间越长,菌柄细胞膜透性越高,总酚含量下降越快,褐变越严重	[12]
茶薪菇	0.5 mg · mL <sup>-1</sup> L-Cys+2.5 mg · mL <sup>-1</sup> EDTA-2Na+0.5 mg · mL <sup>-1</sup> PA+6.0 mg · mL <sup>-1</sup> CA	浸泡时间 10 min	(10±1)℃,6 d	可保存 6 d,贮藏期间不开伞,气味正常,褐变度和呼吸强度明显低于对照	[30]
蘑菇	4%NaCl+0.3%柠檬酸+0.15%维生素 C	浸泡时间 20 min	(1±0.3)℃,RH(90±3)%,15 d	降低开伞率,减少 PPO 酶活性变化量,保持纤维素含量	[31]
平菇	3%柠檬酸,0.05%NaHSO <sub>3</sub> ,1% CaCl <sub>2</sub>	试剂喷淋	6 ℃,8 d	有效地抑制平菇的褐变,维持平菇质地	[32]
双孢菇	5 μL · L <sup>-1</sup> 肉桂醛	10 μL 涂 抹 于 滤纸上	(4 ± 1)℃,RH 90%,16 d	降低褐变指数,开伞率,微生物数量,促进酚类物质和维生素 C 的累积,抑制 PPO 和 POD 活性,提升 PAL 活性	[33]
香菇	1%壳聚糖+1%葡萄糖涂膜	浸泡 5 min	(4 ± 1)℃,RH 95%,16 d	维持组织硬度,抑制呼吸速率的升高,减少微生物数量,减少维生素 C 和可溶性固形物含量变化	[34]
双孢菇	2%海藻酸钠涂膜	浸泡 2 min	100% O <sub>2</sub> 气调,(4 ± 1)℃,RH 90%,16 d	维持硬度,推迟褐变和开伞率,可溶性固形物、抗坏血酸、总糖含量,抑制 PPO 和 POD 活性	[35]
香菇	海藻酸盐-纳米银涂膜	浸泡 2 min;0.04 mm PE 包装	(4 ± 1)℃,RH 95%,16 d	失重,软化,褐变被显著抑制,微生物数量、电解质渗透率降低,还原糖、总糖、SSC 较高	[36]
双孢菇	1 mmol · L <sup>-1</sup> Na <sub>2</sub> EDTA + 2.5% CaCl <sub>2</sub> + 0.5%柠檬酸+2.5%山梨醇	室温下浸泡 2 min	(4 ± 1)℃,RH 80%,12 d	维持较好的硬度和色泽,失重率、H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 含量、羟自由基含量、MDA 含量均较低。贮藏结束时,较高的可溶性蛋白质含量、SOD、APX、CAT、POD 活性	[37]
正红菇	10、20、30 μL · L <sup>-1</sup> NO	20 ℃下熏蒸 2 h	20 ℃,RH 95%,6 d	显著提升抗氧化活性,提升酚类和黄酮类物质含量,激活 PAL 和 CHS 活性	[38]

注:BD, browning degree,褐变度;L-Cys, L-半胱氨酸;PA, phytic acid,植酸;CA, citric acid,柠檬酸;PAL, phenylalanine ammonia-lyase,苯丙氨酸解氨酶;CHS, chalcone synthase,查耳酮合酶;SOD, superoxide dismutase,超氧化物歧化酶;APX, ascorbate peroxidase,抗坏血酸过氧化物酶;CAT, catalase,过氧化氢酶;NO, nitric oxide,一氧化氮。

1.5 辐照保鲜

食品辐照是一种物理加工过程,属于冷加工,能耗

低,不需添加化学物质,不存在化学残留问题,能保持食品原有的色、香、味,其在蘑菇保鲜中也有广泛的研究与

应用,取得了良好的效果(表4)。食品辐照通过将食品暴露于电离辐照中以延长其货架期和增加安全性;主要目的在于破坏食品中存在的微生物和害虫,有时还会提升食品的功能特性,清除有毒物质,最小程度的影响食

品的感官和营养品质<sup>[39]</sup>。根据辐射源的不同,辐照主要可分为<sup>60</sup>Co辐照、紫外辐照和电子束辐照<sup>[40]</sup>。辐照保鲜的效果与辐照对象、辐照时间、辐照剂量等参数密切相关。

表 4

蘑菇辐照保鲜技术

Table 4

Irradiation preservation technology of mushroom

样品 Sample	辐照源 Radiation source	参数 Parameter	效果 Effect	文献 Reference
草菇	<sup>60</sup> Co- $\gamma$	0.4 kGy	其蛋氨酸含量、呼吸强度等指标均明显低于对照	[41]
秀珍菇	<sup>60</sup> Co- $\gamma$	2.0 kGy	维生素 C 和氨基酸含量辐照处理前后无明显变化,辐照灭菌鲜菇产量高于常规高温灭菌对照组	[42]
草菇	<sup>60</sup> Co- $\gamma$	0.8 kGy	抑制了膜脂过氧化程度,延缓了衰老进程,延长了贮藏保鲜期	[43]
白灵菇	<sup>60</sup> Co- $\gamma$	1.2 kGy	维持了较高的可溶性蛋白质含量和硬度,贮藏保鲜时间延长	[44]
茶薪菇	<sup>60</sup> Co- $\gamma$	0.25 kGy	子实体中支链氨基酸与芳香族氨基酸的比值较高	[45]
双孢菇	电子束	2.0 kGy	有效延长保鲜时间,对营养成分无明显影响	[46]
杏鲍菇	紫外	3 kJ·m <sup>-2</sup>	抑制失重率和 MDA 含量的上升,延缓总糖和抗氧化物活性的下降,延长保鲜期	[47]
鸡腿菇	紫外 UV-B	双侧各照射 2 h	鸡腿菇中维生素 D <sub>2</sub> 的含量升高	[48]
双孢菇	<sup>60</sup> Co- $\gamma$	1.2 kGy	结合 4℃ 的低温,贮藏期可达 30 d 左右,后熟作用、破膜、开伞、褐化、腐烂、鲜质量损失等明显被抑制	[49]
香菇	<sup>60</sup> Co- $\gamma$	1.2 kGy	维持硬度,减少可溶性蛋白质含量的降低,总糖含量升高,MDA 含量降低	[50]
香菇	紫外 UV-C	4 kJ·m <sup>-2</sup>	贮藏期间,硬度保持较好,黄酮及维生素 C 含量较高,抑制超氧阴离子和 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 的生成	[51]

## 2 存在的问题

越来越多的学者致力于蘑菇保鲜的研究,在蘑菇保鲜方面取得了很大的进展,但蘑菇保鲜中仍存在一些值得思考的问题:存在安全隐患和难以实现工业化是蘑菇采后保鲜技术存在的主要问题;大多蘑菇采后保鲜技术仍处于实验室阶段且难以实现工业化应用;关于蘑菇的研究还不够全面和深入。为克服上述困难,更多的研究需要展开。

## 3 发展趋势

随着蘑菇保鲜技术的发展,蘑菇保鲜的方式越来越多样化,复合保鲜技术的应用是蘑菇保鲜技术发展的主要趋势。通过多种保鲜技术的复合,更有效的维持蘑菇的品质,延长蘑菇的货架期,更高质量的服务于消费者,同时尽可能降低企业生产成本。

### 参考文献

- [1] 李华佳,单楠,杨文建,等. 食用菌保鲜与加工技术研究进展[J]. 食品科学,2011,32(23):364-368.
- [2] 曾顺德,尹旭敏,高伦江,等. 食用菌物流保鲜研究进展[J]. 南方农业,2011,5(8):51-54.
- [3] 高银. 食用菌保鲜技术研究进展[J]. 种业导刊,2007(7):33-34.
- [4] 臧红霞. 食用菌的贮藏与保鲜[J]. 现代农村科技,2012(3):65-67.
- [5] 吕盛坪,吕恩利,陆华忠,等. 果蔬预冷技术研究现状与发展趋势[J]. 广东农业科学,2013(8):101-104.
- [6] 陶菲,郇海燕,张愁,等. 白蘑菇真空预冷工艺的研究[J]. 食品与机械,2009,25(4):41-44.
- [7] 陶菲,张愁,余汉清,等. 不同真空预冷终温对双孢蘑菇保鲜的影响[J]. 食品与生物技术学报,2005,24(3):39-43.
- [8] 刘斌,朱龙华,叶庆银,等. 不同装载率及补水量对杏鲍菇真空预冷的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(3):274-277.
- [9] 陶菲,张愁,余汉清. 预湿润处理对白蘑菇真空预冷过程及贮藏品质的影响[J]. 食品与生物技术学报,2006,25(2):70-73.
- [10] 倪淑君,王延锋,韩省华,等. 真空预冷技术在姬菇保鲜上的应用研

究[J]. 黑龙江农业科学,2014(5):110-112.

- [11] TAO F,ZHANG M,YU H. Effect of vacuum cooling on physiological changes in the antioxidant system of mushroom under different storage conditions[J]. Journal of Food Engineering,2007,79(4):1302-1309.
- [12] 张晓聪. 白色双孢蘑菇褐变机理及控制技术研究[D]. 福州:福建农林大学,2010.
- [13] 刘志芳. 薄膜包装冷藏对鸡腿菇采后生理及贮藏效应的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [14] MAHAJAN P V,OLIVEIRA F A R,MACEDO I. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms[J]. Journal of Food Engineering,2008,84(2):281-288.
- [15] 周春梅. 白玉菇气调保鲜包装膜的筛选研究[D]. 上海:上海理工大学,2010.
- [16] 周晓庆,胡蓉,邹凯,等. MAP 技术在新鲜食用菌包装保鲜中的研究进展[J]. 包装工程,2010,31(15):117-121.
- [17] 皆惠君,张志军,王文治,等. 白灵菇采后低温气调包装保鲜试验[J]. 食品研究与开发,2009,30(5):139-141.
- [18] 赵伟璐,李家政,冯叙桥. 不同 PE 和 PA 保鲜膜对白灵菇冷藏效果的影响[J]. 食品科学,2012,33(20):339-342.
- [19] 边晓琳,张艳芬,冯莉,等. 不同包装材料自发气调对冷藏金针菇活性氧代谢的影响[J]. 园艺学报,2010,37(11):1851-1856.
- [20] 李宁,阎瑞香,王步江. 不同包装方式对白灵菇低温保鲜效果的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(7):377-381.
- [21] 王成涛,王昌涛,刘柳,等. 不同氧分压对金针菇贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品科学,2010,31(18):385-389.
- [22] 应丽莎,周晓庆,赵东方,等. 低氧气调包装对新鲜香菇品质的影响[J]. 食品科学,2013,34(4):277-283.
- [23] 李铁华,张愁. 硅窗气调保鲜贮藏茶树菇的化学及生理变化研究[J]. 食品科学,2009,30(6):255-259.
- [24] 李喜宏,薛婷,李媛媛,等. 气调包装对白灵菇褐变及生物有效性的影响[J]. 食品科学,2012,33(4):252-256.
- [25] 李霞,王相友,王娟. 双孢蘑菇主动气调包装试验[J]. 农业机械学报,2009,40(9):131-137.
- [26] LI Y,ISHIKAWA Y,SATAKE T,et al. Effect of active modified atmosphere packaging with different initial gas compositions on nutritional compounds of shiitake mushrooms(*Lentinus edodes*)[J]. Postharvest Biology

and Technology, 2014, 92: 107-113.

[27] YE J, LI J, HAN X, et al. Effects of active modified atmosphere packaging on postharvest quality of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) stored at cold storage[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2012, 11(3): 474-482.

[28] 王相友, 石启龙, 王娟, 等. 双孢蘑菇护色保鲜技术研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 205-208.

[29] 刘吟. 双孢蘑菇采后褐变的相关生理生化变化及其保鲜技术研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.

[30] 段颖. 茶薪菇贮藏特性和保鲜技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2005.

[31] 王则金. 蘑菇低温气调保鲜的初步研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(4): 66-68.

[32] 肖功年, 张敏心, 彭建, 等. 平菇气调包装保鲜[J]. 无锡轻工大学学报, 2002, 21(6): 592-596.

[33] GAO M, FENG L, JIANG T. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment[J]. Food Chemistry, 2014, 149: 107-113.

[34] JIANG T, FENG L, LI J. Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan-glucose complex coating under cold storage[J]. Food Chemistry, 2012, 131(3): 780-786.

[35] JIANG T. Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere[J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 76: 91-97.

[36] JIANG T, FENG L, WANG Y. Effect of alginate/nano-Ag coating on microbial and physicochemical characteristics of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) during cold storage[J]. Food Chemistry, 2013, 141(2): 954-960.

[37] KHAN Z U, AISIKAER G, KHAN R U, et al. Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2014, 95: 36-41.

[38] DONG J, ZHANG M, LU L, et al. Nitric oxide fumigation stimulates flavonoid and phenolic accumulation and enhances antioxidant activity of mushroom[J]. Food Chemistry, 2012, 135(3): 1220-1225.

[39] FERNANDES A, BARREIRA J C M, ANTONIO A L, et al. Effects of

gamma irradiation on chemical composition and antioxidant potential of processed samples of the wild mushroom *Macrolepiota procera* [J]. Food Chemistry, 2014, 149: 91-98.

[40] FERNANDES A, ANTONIO A L, OLIVEIRA M B P P, et al. Effect of gamma and electron beam irradiation on the physico-chemical and nutritional properties of mushrooms: A review[J]. Food Chemistry, 2012, 135(2): 641-650.

[41] 谢福泉, 谢宝贵, 林远崇, 等.  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  辐照对草菇生理生化指标及保鲜效果的影响[J]. 食用菌学报, 2005, 12(2): 41-46.

[42] 夏志兰, 熊兴耀, 姜性坚, 等.  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  辐照在秀珍菇中的应用研究[J]. 激光生物学报, 2005, 14(1): 60-64.

[43] 叶惠, 陈建勋, 余让才, 等.  $\gamma$  辐照对草菇保鲜及其生理机制的研究[J]. 核农学报, 2000, 14(1): 24-28.

[44] 熊巧玲, 邢增涛, 冯志勇, 等.  $^{60}\text{Co}$  辐照对白灵菇采后低温贮藏的影响[J]. 核农学报, 2007, 21(3): 273-276.

[45] 黄挺俊, 翁伯琦, 江枝和, 等. 不同剂量  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  射线辐照茶薪菇菌种对子实体氨基酸含量的影响[J]. 食用菌学报, 2002, 9(4): 22-25.

[46] 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.

[47] 陆健东, 王丹凤, 钱炳俊, 等. 短波紫外线辐照对杏鲍菇保鲜效果的研究[J]. 浙江农业科学, 2014(3): 348-351.

[48] 胡彬彬, 武忠伟, 王振河, 等. 紫外辐照对鸡腿菇中维生素  $\text{D}_2$  含量的影响[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(13): 2758-2760.

[49] 刘超, 徐宏青, 王宏. 双孢蘑菇辐照保鲜研究[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(6): 848-850.

[50] 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.

[51] 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.

## Research Advance on Edible Mushroom Preservation Technology

DUAN Xiaoming, LIU Sheng, JIA Li'e, YAN Can, WANG Da, ZHANG Xiaofang

(Beijing Vegetable Research Center, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/National Engineering Research Center for Vegetables, Beijing 100097)

**Abstract:** Mushroom plays an important role in human diet. Mushroom is prone to decay and loss of eating quality after harvest. Some preservation technology should be used to maintain the storage quality and extend the shelf life of mushroom. Research advances on postharvest mushroom, including pre-cooling treatment, storage environment control, modified atmosphere packaging, preservative and irradiation were reviewed in this study. Many research results indicated that edible safety and industrial application were the main problems existed in mushroom preservation technology. And most technologies for mushroom were in the stage of laboratory research and still far away to be applied in the industry. In addition, research on mushroom was not comprehensive and extensive. Trend of technological development for mushroom was the application of composite preservation technology.

**Keywords:** mushroom; storage; preservation; advances