

两种复配保鲜剂对双孢菇保鲜作用的研究

张强, 王松华, 祝嫦巍, 王趁芳, 郭健, 邹俊

(安徽科技学院生命科学院, 安徽蚌埠 233100)

摘要: 研究了两种复配保鲜剂处理对双孢菇冷藏保鲜效果的影响。采后双孢菇分别用生姜复配保鲜剂、大蒜复配保鲜剂浸泡 3 min, 以蒸馏水浸泡作为对照, 晾干后用聚乙烯薄膜密封包装, 于 4 °C 下贮藏, 定期测定双孢菇感官质量、生理指标和营养指标的变化。结果表明: 在 4 °C 贮藏 18 d, 生姜和大蒜两种复配保鲜剂处理的双孢菇的失重率与对照组相比下降了 51.34% 和 33.27%, 褐变度下降了 10.15% 和 15.73%。; 可溶性固形物、可溶性蛋白保留量分别达 4.69%、4.56% 和 755.40 μg/g、798.31 μg/g, 显著高于对照组 (P<0.01); 纤维素和亚硝酸盐含量分别为 35.67 mg/g、33.76 mg/g 和 3.45 mg/kg、3.65 mg/kg, 显著低于对照组 (P<0.01); 总酸度和 PPO 活性始终维持在较低水平。因此, 两种复配保鲜剂显著保持了双孢菇在贮藏过程中的感观品质和营养成分, 维持了较低的酸度水平和氧化酶活性, 延长了双孢菇的保质期。

关键词: 双孢菇; 复配保鲜剂; 保鲜

文章编号: 1673-9078(2013)10-2431-2435

Effects of Two Compound Preservatives on *Agaricus bisporus*

ZHANG Qiang, WANG Song-hua, ZHU Chang-wei, WANG Chen-feng, GUO Jian, ZHOU Jun

(College of Life Science, Anhui Science and Technology University, Bengbu 233100, China)

Abstract: Effects of two compound preservatives on the preservation quality of *Agaricus bisporus* during refrigeration storage were investigated. The harvested *Agaricus bisporus* were separately immersed in ginger compound preservative, garlic compound preservative and distilled water (control) for 3 min, then packaged with polyethylene film after drying and stored at 4 °C. The sensory, physiological indices and nutrition quality of *Agaricus bisporus* were evaluated periodically. After a 18-day storage at 4 °C, weight loss rate of *Agaricus bisporus* treated with ginger compound preservative and garlic compound preservative were decreased by 51.34% and 33.27%, respectively, which the browning degree of the samples were decreased by 10.15% and 15.73%, respectively, compared with control group. Their soluble solids contents (4.69%, 4.56%) and soluble protein contents (755.40 μg/g, 798.31 μg/g) were significantly higher than those in control group (P<0.01). After treated by ginger compound preservative and garlic compound preservative, the contents of cellulose of *Agaricus bisporus* were 35.67mg/g and 33.76 mg/g, respectively, and their nitrite contents were of 3.45 mg/kg and 3.65 mg/kg respectively, both of which were significantly lower than those of control group (P<0.01). In addition, total acidity and PPO activity of the samples remained at lower level. Therefore, the two compound preservatives greatly improved the preservation quality, prolonged storage life of *Agaricus bisporus*.

Key words: *Agaricus bisporus*; compound preservatives; fresh-keeping

双孢菇 (*Agaricus bisporus*) 是世界上产量最高、消费量最大的食用菌。中国双孢菇的产量和出口量均居世界第一位^[1]。双孢菇肉质肥厚, 质地脆嫩, 色泽洁白, 口感鲜美, 具有较高营养价值, 被欧洲人誉为“植物肉”, 美国人称之为“上帝的食品”, 深受国内外消费者的喜爱。采收后的蘑菇含水量高, 各种代谢活动强烈, 呼吸速率高, 极易产生失水萎蔫、褐变、

收稿日期: 2013-07-28

基金项目: 安徽省高等学校省级优秀青年人才基金项目 (2012SQRL144), 国家自然科学基金资助项目 (31100070), 安徽科技学院自然科学研究重点项目 (ZRC2013363)

作者简介: 张强 (1979-), 男, 副教授, 主要从事农产品贮藏与加工方面的研究

开伞、腐烂变质和质地变化等现象^[2]。双孢菇采后常温下贮存 1~3 d, 商品价值就会下降甚至丧失^[3]。因此, 解决双孢菇采后保鲜问题, 延长其贮运期限, 是目前亟需解决的问题。近年来, 国内外科技工作者在延长双孢菇产品的货架期方面进行了大量的研究。低温冷藏^[4]、辐照保鲜^[5]、化学保鲜^[6]、气调贮藏^[7]、超声保鲜^[8]等是目前常用的双孢菇保鲜方法。这些方法虽然在一定程度上抑制了双孢菇品质的不良变化, 但仍存在不少问题, 如保鲜效果有限, 设备费用昂贵, 药剂残留毒性, 对产品口感、风味和营养价值产生较大损害, 较难大范围推广等。因此, 有必要尝试其他的天然、高效、安全、易于推广的保鲜方法。生姜、大蒜是我国特色的农产品资源和传统调味料, 含有多种活性成

分,除具有增香作用外,其良好的抗菌作用和抗氧化作用可被用作开发保鲜液和防腐剂,应用于果蔬贮藏加工领域。随着人们对自身保健意识的增强,日益强调食品原料及添加剂的天然性、功能性与健康性,使得人们更加重视对这两种药食兼用的传统香辛调味料功能特性的开发。保鲜功能作为二者兼有的重要功能特性之一,已引起人们的关注,并逐渐成为近年来研究的热点。本实验研究了生姜和大蒜2种复配保鲜剂对双孢菇的保鲜效果,旨在探索新型、高效、安全的双孢菇保鲜方法,为生产上应用生姜和大蒜类复配保鲜剂保持采后双孢菇产品的品质、延长其货架期提供适用技术和科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

双孢菇 (*Agaricus bisporus*),采自安徽科技学院食用菌研究所,选择大小、成熟度一致,菇体完整洁白、无病虫害和机械损伤的双孢菇作为试验材料;生姜和大蒜购买于本地农贸市场;壳聚糖(AR)和山梨酸钾(AR),购自国药集团化学试剂有限公司;其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

HH-4型数显恒温水浴锅,国华电器有限公司;TDL-5型台式离心机,上海安亭科学仪器厂;202AS-2型不锈钢数显恒温干燥箱,上海浦东荣丰科学仪器厂;FAJA型电子天平,上海精密科学仪器有限公司;TU-1810型紫外可见分光光度计,北京普析通仪器有限公司;WYA-2WAJ型阿贝折射仪,上海光学仪器厂;PHSJ-4A型pH计,上海精密科学仪器有限公司;Allegra 64R型台式高速冷冻离心机,美国贝克曼库尔特有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 复配保鲜剂的制备

分别将新鲜生姜、大蒜去皮、洗净后凉干,切片,50℃烘箱烘干,粉碎机粉碎。称取生姜、大蒜粉末各10g,分别放入具塞锥形瓶中,再加入200mL体积分数30%的乙醇,70℃水浴锅中水浴提取2h。4500r/min离心10min,上清液保留备用。量取生姜和大蒜提取液各20mL,分别与80mL复合液(内含质量分数0.004%山梨酸钾和0.4%壳聚糖)混匀,制成生姜复配保鲜剂和大蒜复配保鲜剂。

1.3.2 双孢菇的处理

将去根、除杂后双孢菇放入2种不同处理的复合保鲜液中浸泡3min,淋除水分后装盘,经聚乙烯薄膜包装后置于4℃冰箱中贮藏。以蒸馏水处理为对照,分别于第0、3、6、9、12、15和18d进行各项指标测定。

1.3.3 测定项目与方法

失重率参照重量法测定。褐变度参照分光光度法测定^[9]。总酸度参照酸碱中和法测定^[10]。可溶性固形物含量(质量分数)利用WYA-2WAJ阿贝折射仪测定。可溶性蛋白含量参照考马斯亮蓝比色法测定^[11]。纤维素含量参照GB/T 5009.10-2003测定。亚硝酸盐含量参照GB/T 5009.33-2003测定。多酚氧化酶(PPO)活性参照儿茶酚比色法测定^[12]。

1.4 数据处理

实验数据采用Excel进行处理,Origin 7.5绘图,DPS 7.05软件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 双孢菇的失重率与褐变度

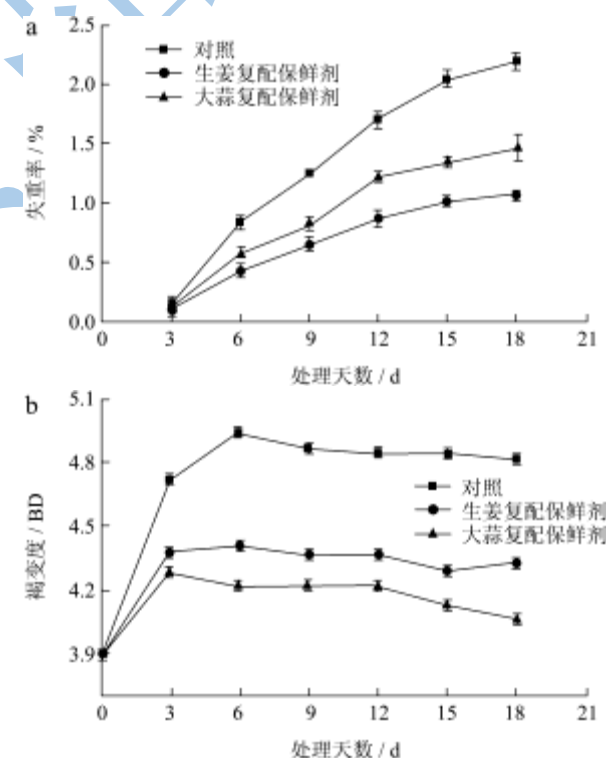


图1 不同处理双孢菇贮藏过程中失重率(a)与褐变度(b)的变化

Fig.1 Changes of weight loss rate and browning degree of *Agaricus bisporus* during refrigeration storage

双孢菇含水量一般在90%以上,由于无表皮组织,水分很容易散失,使采后菇体表现出不同程度的萎蔫

状态。如何降低双孢菇的采后失水是提高其保鲜效果的关键问题之一。由图 1a 可知, 双孢菇失重率随采后贮藏时间的延长而不断升高。不同处理的失重程度不同, 其中对照组的失重率上升最快, 生姜复配保鲜剂组和大蒜复配保鲜剂组的失重率曲线较为平缓, 明显低于对照组。在不同贮藏期, 各处理组差异显著 ($P < 0.01$), 表明两种复配保鲜剂处理均能减少双孢菇贮藏期间子实体的失重, 其中以生姜复配保鲜剂处理效果最好。

双孢菇组织柔嫩, 且菌盖无保护结构, 表皮容易擦伤, 引起酶促反应, 产生褐变现象。从图 1b 可以看出, 对照组在第 3 d 时褐变达到最大值, 此后趋于平稳。与对照组相比, 生姜和大蒜两种复配保鲜剂处理显著地抑制了褐变的发生 ($P < 0.01$), 并且使褐变度一直保持在较低的水平。

2.2 双孢菇的总酸度

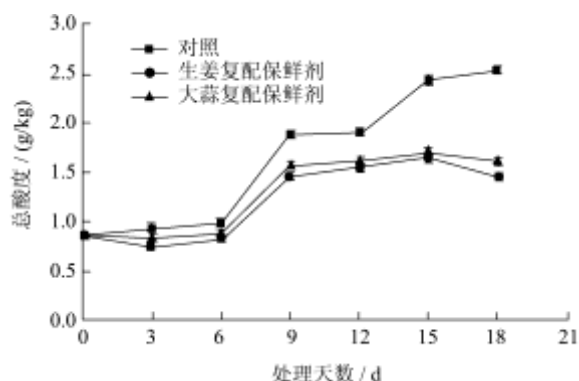


图 2 不同处理双孢菇贮藏过程中总酸度的变化

Fig.2 Change of total acidity of *Agaricus bisporus* during refrigeration storage

总酸度是一个衡量生物体内平稳状态的指标。由图 2 可以看出, 双孢菇在贮藏过程中, 总酸度总体上呈现上升趋势, 特别是贮藏 6 d 以后, 总酸度迅速上升。与对照组相比, 两种复配保鲜剂处理, 均能显著抑制双孢菇贮藏过程中总酸度的增加 ($P < 0.01$), 使总酸度维持在较低水平。双孢菇在贮藏过程中自身代谢会产生有机酸, 附着表面微生物的代谢也会产生有机酸, 导致总酸度随贮藏时间的延长而增加。两种复配保鲜剂处理能够抑制双孢菇自身及表面微生物的代谢, 从而抑制了总酸度的增加。

2.3 双孢菇可溶性固形物及可溶性蛋白含量

可溶性固形物是指双孢菇中的可溶性物质, 主要是可溶性糖, 其含量高是反映双孢菇品质的重要指标之一。一般而言, 由于样品本身的呼吸作用及微生物在样品表面的生长, 可溶性固形物含量会随贮存时

间的延长呈下降趋势。不同处理的双孢菇在贮藏期间可溶性固形物含量的变化如图 3a 所示。在贮藏前期, 各处理组的可溶性固形物含量迅速下降, 后期降幅趋缓。对照组的可溶性固形物含量始终保持在一个较低的水平, 试验组的可溶性固形物含量均高于对照组, 除第 0 d 外, 与对照组差异显著 ($P < 0.01$), 两试验组间差异不显著 ($P > 0.05$)。可见, 两种复配保鲜剂处理可有效抑制贮藏过程中双孢菇可溶性固形物含量的变化。

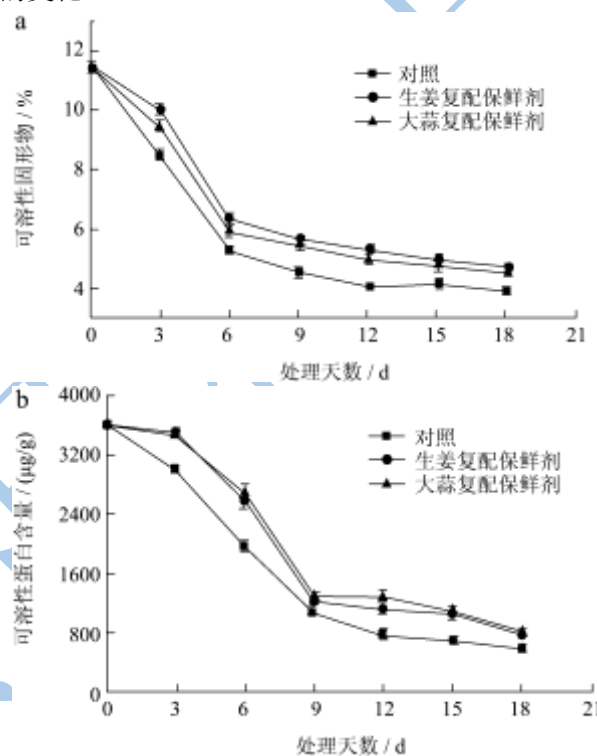


图 3 不同处理双孢菇贮藏过程中可溶性固形物 (a) 及可溶性蛋白含量 (b) 的变化

Fig.3 Changes of soluble solids, soluble protein content of *Agaricus bisporus* during refrigeration storage

双孢蘑菇在采后贮藏过程中, 蛋白质会被分解以满足代谢需要, 所以蛋白质的降解情况, 可在一定程度上反映其采后衰老程度, 是评价双孢蘑菇保鲜效果的一个重要指标。从图 3b 中可以看出, 与可溶性糖相似, 可溶性蛋白含量在双孢菇贮藏期间表现为逐渐下降。对照组下降的更快、幅度更大。经显著性分析, 除第 0 d 外, 试验组与对照组的可溶性蛋白含量差异显著 ($P < 0.01$), 试验组间差异不显著 ($P > 0.05$), 说明 2 种复配保鲜剂均能延缓双孢菇贮藏过程中蛋白质含量的降低。

2.4 双孢菇的纤维素及亚硝酸盐含量

纤维素含量是衡量食用菌新鲜程度的重要指标之一。双孢菇在贮藏过程中纤维化程度往往增加, 品质

劣变。不同处理对双孢菇贮藏期间纤维素含量的影响,结果见图 4a。从图 4a 可以看出,随着贮藏时间延长,不同处理双孢菇的纤维素含量不断上升,但增加趋势不同。对照组增加最快,从第 3 d 开始纤维素含量显著高于 2 个试验组 ($P<0.01$)。2 个试验组在贮藏的前 9 d 差异不显著 ($P>0.05$), 9 d 后生姜复配保鲜剂处理组纤维素含量显著高于大蒜复配保鲜剂处理组 ($P<0.01$), 表明 2 个复配保鲜剂处理都能延缓双孢菇贮藏期间纤维素含量的上升,长期贮藏双孢菇,以大蒜复配保鲜剂处理对纤维素含量上升抑制效果更为理想。

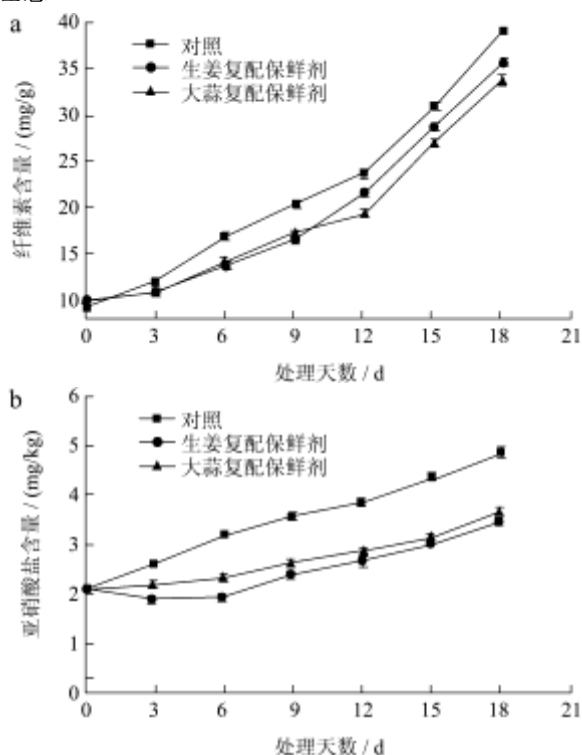


图 4 不同处理双孢菇贮藏过程中纤维素 (a) 及亚硝酸盐含量 (b) 的变化

Fig.4 Changes of cellulose and nitrite content of *Agaricus bisporus* during refrigeration storage

亚硝酸盐主要指亚硝酸钠,是一种严重危害人类健康的有毒物质,其含量的高低是衡量蔬菜品质和食用安全性的一个重要指标。由图 4b 可知,双孢菇在贮藏过程中,亚硝酸盐含量呈明显的上升趋势。与对照组相比,两种复配保鲜剂处理均能有效的抑制双孢菇贮藏过程中亚硝酸盐的积累,各处理间差异显著 ($P<0.01$)。这可能是因为双孢菇在贮藏过程中,随着贮藏时间的延长,双孢菇中水分流失及自身酶的作用使得双孢菇表面细菌开始繁殖,细菌中含有的硝基还原酶催化硝酸盐还原成亚硝酸盐,造成亚硝酸盐含量迅速增加,而复配保鲜剂处理有效的降低了微生物数量,抑制了硝酸盐向亚硝酸盐的转变,有利于双孢

菇品质的保持和食用的安全性。

2.5 双孢菇的 PPO 活性

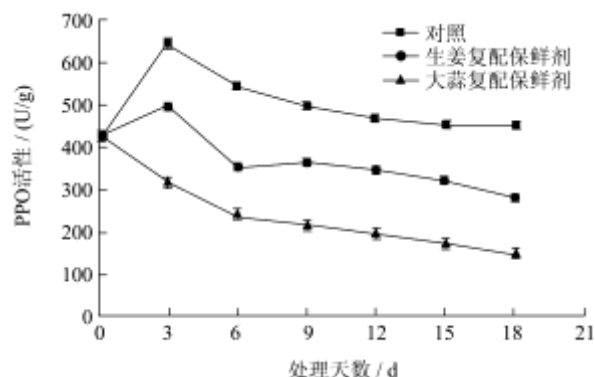


图 5 不同处理双孢菇贮藏过程中 PPO 活性的变化

Fig.5 Change of PPO activity of *Agaricus bisporus* during refrigeration storage

PPO 为广泛存在于植物体内的多功能酶类,它能催化多酚类氧化成醌类,果蔬褐变与 PPO 活性密切相关。从图 5 可以看出,双孢菇在贮藏期间 PPO 活性迅速增加,3 d 时达到最大值,之后开始下降。与对照组相比,两种复配保鲜剂均能有效降低双孢菇贮藏期间 PPO 的活性 ($P<0.01$),使 PPO 的活性始终保持在较低的水平,两种复配保鲜剂对 PPO 活性的作用效果与褐变度的变化结果相符,表明保鲜剂对双孢菇 PPO 的抑制活性可能是减缓其褐变发生的重要原因。

3 讨论

双孢菇保鲜一直是制约着蘑菇业发展的一大难题,开发兼具高效、安全、广谱等特点的天然保鲜剂已成为食品科学研究领域的一个热点。生姜、大蒜是我国特色的食用香辛料,由于其安全、无毒,含有多种活性成分,已广泛用于果蔬贮藏和加工领域^[3]。壳聚糖(聚-N-乙酰-D-葡萄糖胺)是天然多糖中唯一大量存在的碱性氨基多糖。它无毒、可生物降解、生物相容性好,具有抑菌性能和良好的成膜性,并且具有优良的阻氧性,受到人们的广泛关注^[4]。山梨酸钾是国际粮农组织和卫生组织推荐的高效安全的防腐保鲜剂。为此,本文将壳聚糖和山梨酸钾混合液分别与生姜、大蒜提取液复配制成复配保鲜剂,探讨了其对双孢菇的保鲜效果。

在贮藏过程中,由于蒸腾作用使双孢菇组织水分损失,细胞膨压下降,导致出现菇体萎蔫和疲软,光泽逐渐消失,商品价值降低。本实验中,两种复配保鲜剂处理有效降低了失重率,可能是由于复配保鲜剂中含有的壳聚糖,在菇体表面形成了一层无色透明的半透膜,从而减少了水分损失,保持了感官品质,提

高了商品性。表面褐变度大小,是评价食用菌新鲜程度的重要指标,褐变的发生与 PPO 活性及细胞结构的完整性密切相关。细胞膜透结构被破坏后, PPO 催化菇体细胞中的多酚类物质氧化成醌类,最后生成黑色素,导致褐变的发生。本试验结果表明,两种复配保鲜剂处理都可在一定程度上抑制 PPO 的活性和褐变的发生,且作用趋势相同。其原因可能是壳聚糖薄膜的保水作用,保鲜剂中三种物质的抑菌作用及大蒜、生姜中活性成份对 PPO 及代谢相关酶的抑制作用三方面共同作用的结果,从而避免了双孢菇因细胞膜结构的破坏而引起的酶促反应的发生。大蒜中的功能成份的活性可能优于生姜,故大蒜复配保鲜剂处理的 PPO 活性和褐变度明显低于生姜复配保鲜剂,这与李湘利^[15]等人的研究结果一致。

可溶性固形物、可溶性蛋白质和纤维素含量作为品质指标的重要组成部分,其含量的改变是双孢菇子实体衰老的重要标志之一。在贮藏过程中,随着时间的延长,双孢菇内部营养成分逐渐下降。两种复配保鲜剂处理显著延缓了内部营养物质的降解和转化,起到明显的保鲜作用。究其原因,很可能是复配保鲜剂处理,抑制了贮藏过程中双孢菇的呼吸作用,从而减少了呼吸基质的消耗和子实体内物质的转化。

随着贮藏时间的延长,双孢菇的总酸度和亚硝酸盐含量总体上呈上升趋势,这在很大程度上与微生物的繁殖和代谢密不可分。微生物代谢会产生大量的有机酸,导致总酸度增加,代谢过程中产生的硝基还原酶会把硝酸盐还原成亚硝酸盐,导致亚硝酸盐含量上升。两种复配保鲜剂处理能够显著抑制双孢菇总酸度的增加和亚硝酸盐含量的上升,原因可能归功于两方面,一方面是复配保鲜剂中壳聚糖、山梨酸钾及大蒜和生姜所含成分的抑菌作用,抑制了微生物的生长和繁殖,另一方面,大蒜和生姜所含的功能成分对有机酸和亚硝酸盐具有一定的中和与清除作用,故起到了抑制双孢菇酸度增加和亚硝酸盐含量上升的保鲜效果。

4 结论

经两种复配保鲜剂处理过的双孢菇贮藏后品质得到明显的改善,显著降低了冷藏过程中双孢菇失重率,延缓了可溶性蛋白质、可溶性固形物含量的下降及纤维素含量的上升,有效地抑制了亚硝酸盐含量和总酸度的增加,使褐变度及 PPO 活性保持在较低水平,即两种复配保鲜剂对双孢菇的冷藏保鲜效果明显,能够延长双孢菇的保质期,在天然保鲜剂的开发与应用上具有较大潜力。

参考文献

- [1] 李波,芦菲,刘本国,等.双孢菇片微波真空干燥特性及工艺优化[J].农业工程学报,2010,26(6):380-384
Li Bo, Lu Fei, Liu Benguo, et al. Microwave-vacuum drying characteristics and process optimization of *Agaricus bisporus* slices [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(6): 380-384
- [2] Guillaume C, Schwab I, Gastaldi E, et al. Biobased packaging for improving preservation of fresh common mushrooms (*Agaricus bisporus* L.) [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2010, 11(4): 690-696
- [3] Shi Qilong, Wang Xihai, Zhao Ya, et al. Glass transition and state diagram for freeze-dried *Agaricus bisporus* [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 111(4): 667-674
- [4] Aguirre L, Frias J M, Barry-Ryan C, et al. Assessing the effect of product variability on the management of the quality of mushrooms (*Agaricus bisporus*) [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49(2): 247-254
- [5] Sommer I, Schwartz H, Solar S, et al. Effect of gamma-irradiation on flavour 50-nucleotides, tyrosine, and phenylalanine in mushrooms (*Agaricus bisporus*) [J]. Food Chemistry, 2010, 123(1): 171-174
- [6] Cliffe-Byrnes V, O'Beime D. Effects of washing treatment on microbial and sensory quality of modified atmosphere (MA) packaged fresh sliced mushroom (*Agaricus bisporus*) [J]. Postharvest Biology and Technology 2008, 48 (2): 283-294
- [7] Jiang Tianjia. 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
- [8] Lagnika C, Zhang M, Mothibe K J. Effects of ultrasound and high pressure argon on physico-chemical properties of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2013, 82: 87-94
- [9] 杨燕婷,杨芹,杨方美,等.纳米包装材料对金针菇的保鲜作用[J].中国农业科学,2009,42(9):3250-3258
Yang Yanting, Yang Qin, Yang Fangmei, et al. Effect of nano-packaging material on quality of *Flammulina velutipes* [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(9): 3250-3258
- [10] 吴锦程,梁杰,陈建琴,等.采收成熟度与冷藏枇杷果实木质化关系研究[J].食品科学,2010,31(2):255-259
Wu Jin cheng, Liang Jie, Chen Jianqin, et al. Relationship between harvest maturity and lignification of loquat fruits during cold storage [J]. Food Science, 2010, 31(2): 255-259

- [11] 田维娜, 缪颖, 曹建康, 等. 外源精胺脉冲负压渗透处理对采后菜豆品质的影响[J]. 农业机械学报, 2013, 44(1): 131-136
Tian Weina, Liao Ying, Cao Jiankang, et al. Effects of vacuum pulse infiltration of exogenous spermine on quality of postharvest common bean [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2013, 44(1): 131-136
- [12] 罗自生, 徐晓玲, 徐庭巧, 等. 壳聚糖添加纳米碳酸钙助剂对鲜切山药品质的影响[J]. 农业机械学报, 2009, 40(4): 125-128
- [13] Cao Yumin, Gu Weigang, Zhang Jinjie, et al. Effects of chitosan, aqueous extract of ginger, onion and garlic on quality and shelf life of stewed-pork during refrigerated storage [J]. Food Chemistry, 2013, 141(3): 1655-1660
- [14] 姜秋焕, 叶盛权, 叶春海, 等. 壳聚糖涂膜对鲜切菠萝蜜的保鲜作用[J]. 现代食品科技, 2012, 28(1): 14-17
Jiang Qiuhuan, Ye Shengquan, Ye Chunhai, et al. Study on preservation of fresh-cut jackfruit by chitosan film [J]. Modern Food Science and Technology, 2012, 28(1): 14-17
- [15] 李湘利, 刘静, 魏子浩, 等. 姜蒜浸提液与壳聚糖复合保鲜切分莲藕护色效果的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(1): 253-256
Li Xiangli, Liu Jing, Wei Zihao, et al. Study on the color preservation effects of complex antistaling agent of chitosan and extraction from ginger and garlic on fresh-cut lotus roots [J]. Food Science and Technology, 2010, 35(1): 253-256