

保鲜处理对双孢蘑菇品质的影响研究综述

张楠, 朱子雄

(甘肃怡泉新禾农业科技发展有限公司, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 从速冻、化学试剂、包装材料、气调技术、贮藏温湿度、辐射技术等方面, 综述了采后不同保鲜处理对双孢菇品质的影响。

关键词: 双孢蘑菇; 品质; 保鲜; 褐变

中图分类号: S646.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)09-0063-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.09.020

Research Summary of Effects of Fresh-keeping Treatments on Quality of *Agaricus bisporus*

ZHANG Nan, ZHU Zixiong

(Gansu Yiquanxinhe Agricultural Science & Technology Development Co., Ltd, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The effects of different fresh-keeping treatments on the quality of *Agaricus bisporus* after harvest are reviewed in this paper, including quick-frozen, chemical reagents, packaging materials, air conditioning technology, storage temperature, humidity and radiation technology.

Key words: *Agaricus bisporus*; Quality; Preservation; Browning

双孢蘑菇(*Agaricus bisporus*)隶属伞菌目蘑菇科蘑菇属, 又名白蘑菇、洋蘑菇、二孢蘑菇、洋覃、洋茸等, 人工栽培已有多年的历史, 是世界上人工栽培范围最广、产量最高、消费量最大的食用菌^[1-3]。我国最早1953年从日本引进双孢蘑菇菌种进行试种, 但由于当时技术条件落后, 种植面积不大且产量低^[4]。近年来, 随着相关科学技术的发展和菌种的改良, 我国双孢蘑菇栽培面积迅速扩大, 年产量和出口量均居世界第一, 并远销美国、日本、加拿大、南美、东南亚等国家和地区^[5-6]。双孢蘑菇富含蛋白质、维生素、核苷酸、微量元素和不饱和脂肪酸等营养物质, 具有低脂肪、低热量、味道鲜美等特点, 素有“植物肉”及“素中之王”美誉^[7]。双孢蘑菇的药用价值也得到了广泛关注, 除了具有清热解毒、消炎润肺、健美、健脑等多种功效外, 双孢蘑菇还可以降低胆固醇、降低血压、防止动脉硬化、抑制肿瘤细胞活性等作用, 对高血脂及糖尿病患者有一定

的食疗价值^[8]。双孢菇富含胰蛋白酶、麦芽糖酶, 中医认为双孢蘑菇味甘性平, 有提神、助消化、平肝阳等作用^[9], 其提取液可制成健肝片食用。近年来, 由于深层培养的研究成功, 人们开始利用双孢蘑菇菌丝体生产蛋白质、草酸和多糖等物质^[10]。

在国内, 双孢蘑菇以鲜品消费为主, 由于双孢蘑菇有着质地柔嫩、水分含量高、表面无保护结构、易损伤褐变等特点^[11], 采后呼吸作用和蒸腾作用都较剧烈, 易受病菌侵染和机械损伤而引起腐烂变质, 常温下保存时间仅1~3 d^[12]。随着国内双孢菇种植面积的扩大和产量的增加, 生产点分散, 上市高峰相对集中, 运输、加工等环节跟不上^[13], 货架期短严重影响到双孢蘑菇的营养价值和商业价值, 制约了双孢蘑菇的消费和流通。因此, 缓解市场供需矛盾, 解决鲜菇采后保鲜和品质问题, 延长其运输和上市期限, 是双孢蘑菇产业化发展的关键^[14]。

收稿日期: 2017-03-27

作者简介: 张楠(1986—), 女, 甘肃靖远人, 硕士, 研究方向为生物化工。联系电话: (0)15193144839。E-mail: zhangnanzsx@163.com。

1 双孢蘑菇的品质及其影响因素

双孢蘑菇的品质决定其食用价值和经济价值。双孢蘑菇由于品质存在差异,其利用率及经济价值可能相差悬殊,因此,双孢蘑菇的品质与产量处于同等重要的地位。同时由于双孢蘑菇存在货架期短的问题,在很大程度上对品质的重要性甚至超过了产量。市场要求双孢蘑菇新鲜无腐坏、表面呈白色、无斑点、无裂痕、菇柄短、菌盖大小在 3~5 cm (由于不同地区消费习惯的不同,人们对双孢蘑菇菌盖大小的要求也有所不同),因此,外表感观是评判双孢蘑菇商品品质的重要指标。

影响双孢蘑菇品质的因素有外表感观、采收期保鲜方式和子实体内在营养成分。外表感观如褐变度、失重率、呼吸强度、含水率、硬度、多酚氧化酶(PPO)活力、开伞率,子实体内在营养成分如核苷酸、氨基酸、维生素 C、可溶性蛋白、风味等。双孢蘑菇是呼吸跃变型园艺产品^[15],PPO 活力直接参与酶促褐变反应,因此,为了提高双孢蘑菇的感观品质,在双孢蘑菇生产、采收、贮藏及流通的过程中必须严格控制褐变、开伞等影响双孢蘑菇品质的因素,以延长货架期,提高经济及食用价值。

1.1 品种特性

品种因子对双孢蘑菇采后贮藏性影响的研究报道很少。韩晓芳等^[16]研究表明,在一定保鲜条件下,不同品种的双孢蘑菇品质是不同的。王赵改^[17]研究表明,在同一采收期,不同品种间双孢蘑菇子实体中的维生素 C、失水率、可溶性蛋白、还原糖、总酚、褐变率等均存在一定的差异。虽然目前国内外有很多提高双孢蘑菇品质的技术和方法,但只有选育出不易褐变、贮藏能力强的新品种才能从根本上解决双孢蘑菇的品质问题^[18]。对双孢蘑菇基因的相关研究却很少,在分子水平上抑制多酚氧化酶活性的研究尚无报道,因此从分子水平上研究基因表达,对基因进行调控,选育高品质双孢蘑菇品种有着重要研究意义^[19]。

1.2 采收期

因 PPO 直接影响到双孢蘑菇的褐变和开伞,从理论上讲,采收应在 PPO 活性低的情况下进行^[17]。有研究表明,应选取未开伞并且直径在 4 cm 左右的菇体采收后进行冷藏或气调贮藏为宜。而李成华^[20]的试验表明,当菌盖直径在 50~60

mm 时采收后贮藏,其失重率始终较低,硬度始终维持在较高水平,白度保持较好、呼吸强度较低,开伞率在贮藏后期相对较高。采收时菌盖应控制在直径为 50~60 mm 为宜,并快速流通减少开伞。

1.3 保鲜方式

目前在食用菌领域主要是通过生物生理、化学以及物理方法来抑制多酚氧化酶(PPO)活性,以达到控制双孢蘑菇褐变、保鲜双孢蘑菇的目的^[21]。比如培养料、品种特性、低温贮藏、湿度、气调保鲜(控制氧气和二氧化碳浓度、一氧化氮熏蒸处理、臭氧保鲜)、辐射、速冻、化学试剂、深加工、化学药剂涂抹法等。目前对双孢菇保鲜技术的研究也主要集中在这些方面。

1.3.1 速冻 速冻是指双孢蘑菇采后通过快速低温处理,使产品中心温度达到 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,可以有效抑制残留酶的活性及微生物繁殖,同时保持其鲜度、色泽、风味、香气和营养成分^[22]。然而由于目前国内速冻加工技术落后,经常出现微生物、致病菌污染,以及霉变、褐变、重金属和含硫量超标等问题,致使产品质量不够稳定,因此加强双孢菇速冻保鲜技术研究已经成为重中之重^[23]。

1.3.2 化学试剂 化学保鲜是采用化学试剂或植物生长调节剂,通过改变食用菌的体液成分或浓度来抑制菇体内的酶活性和其他生命活动,并杀死或抑制微生物,达到保鲜的目的,在提高双孢蘑菇品质方面的应用非常普遍。常用的化学药剂有氯化钠、苯甲酸、亚硫酸盐、抗坏血酸(Vc)、柠檬酸等^[24],其中抗坏血酸、柠檬酸属于无污染的化学保鲜剂。黄守程等^[25]研究表明,使用 $10\text{ }\mu\text{g/L}$ 1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene, 1-MCP)处理双孢蘑菇可阻止乙烯信号传导,能在一定程度上提高其抗氧化能力。国内市场销售的商品名为“安喜培”,由于其高效、无毒的特性,在花、果、蔬保鲜领域受到越来越广泛的应用^[26-28]。然而,1-MCP 在食用菌上的应用却鲜有报道。杨巍等^[29]研究表明, 0.02 mmol/L Vc 能够显著抑制双孢蘑菇总酚含量的下降,降低 PPO 和 POD 的活性。另有研究指出^[30], 1 mmol/L Na₂EDTA + 2.5% CaCl + 0.5%Vc + 2.5%山梨醇能够使双孢蘑菇保持较好的色泽和硬度,提高可溶性蛋白质以及抗氧化酶活性。赵东海等^[31]研究表明,柠檬酸 0.80%、苯甲酸 0.30%、异抗坏血酸钠 0.70%复合时抑制褐变效果最佳,抑制率达 79.12%。王赵改等^[32]研究的结

果表明,在离体情况下, CaCl_2 和精胺对双孢蘑菇酶促褐变基本上无抑制作用,而采前喷钙和精胺处理组蘑菇的白度值较对照组下降缓慢,其白度值高于采后,开伞率低,还能有效地抑制双孢蘑菇的呼吸强度,对双孢蘑菇采后贮藏品质保持着积极作用。此外, NO 处理对也可延迟双孢蘑菇的成熟衰老。但是化学试剂成本高,且化学药剂的过量使用还可能影响双孢蘑菇的食用安全,不能从根本上解决双孢蘑菇的贮藏期品质问题。

1.3.3 包装材料 MA(Modified Atmosphere)即薄膜包装保鲜技术,利用果蔬自身的呼吸作用降低袋内的 O_2 浓度,提高 CO_2 含量,是一种简单而又有效的保鲜方法^[33-35]。但是不同材料、不同厚度的包装膜对双孢蘑菇的保鲜效果不同。常用的包装薄膜有聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)等 15 种。研究表明,聚乳酸葡萄柚精油复合膜能有效地保持蘑菇的硬度,阻止微生物生长,维持较好的总体接受度,可用于延长双孢蘑菇的货架期^[36-37]。王本成等^[38]研究表明,用西安披必爱活化保鲜有限责任公司生产的 P.B.I 保鲜袋,在 $1\sim 4\text{ }^\circ\text{C}$ 冷藏条件下可贮存双孢蘑菇 30 d 以上,在 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 以上常温环境下可存放 10 d。石启龙等^[39-41]研究表明,双孢蘑菇贮藏期间不同包装材料不同厚度下(即 PE 0.05 mm、PVC 0.05 mm、PE 0.04 mm)的失重率、RI、PPO 活力等生理指标均有显著降低,可有效控制双孢菇感官品质的降低,延缓了水分散失和 Vc 的降解,抑制 MDA 积累和相对电导率的升高,维持了细胞膜的完整,故可作为适宜的包装材料选择。葛林梅等^[42]研究表明,采用合适的包装方法即以挽口(每隔 2 d 打开袋口 0.5 h)的方式进行低温贮藏对产品的品质也大有益处。但是薄膜包装保鲜技术的使用往往需要各种材料、设备的支持,这会增加双孢蘑菇的销售成本,也不利于农民增收。

1.3.4 气调技术 气调技术是指改变鲜菇贮藏环境中的气体成分的组成或气体成分的比例,为其提供一个适宜的气体环境,尽可能地延缓其劣变速度、延长保质期。气调保鲜包括人工气调和自发气调^[21],前者主要用于保鲜库调控气调,后者采用塑料薄膜包裹来自动调节低 O_2 和高 CO_2 环境,还可在包装内充入混合气体。气调技术都是通过薄膜选择性地渗透气体,来抑制微生物得生长并对包装材料的要求较高。有研究表明^[43],与

降低 O_2 浓度相比,升高 CO_2 浓度更能有效地控制蘑菇的开伞和褐变。Jafri 等^[44]研究发现,平菇在 10% O_2 和 5% CO_2 包装条件下,可在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 贮藏保鲜达到 25 d。Jiang^[45]利用游霉素 + O_2 复合处理双孢蘑菇发现,双孢蘑菇的硬度增加,还可抑制呼吸速率的增加,延迟褐变和开伞,同时杂菌感染减少。此外,还有研究认为^[46],高 CO_2 处理有利于减少双孢蘑菇失重率,降低呼吸强度,减少细胞膜过氧化损伤,降低 PPO 活性抑制褐变并维持较高的 POD 活性,延缓衰老。

1.3.5 贮藏温湿度 低温贮藏是双孢蘑菇采后贮藏流通最常用的方法,低温贮藏环境可以抑制双孢蘑菇的水分丢失及感官品质下降、可溶性固形物降低和褐变等现象的发生,从而改善感官品质,延长货架期^[47]。一般贮藏适宜温度为 $0\sim 5\text{ }^\circ\text{C}$,且应保持恒温^[21]。有研究表明,低温有利于延缓双孢蘑菇品质劣变和衰老,但采收后应尽早地进行预冷,以减少田间热和呼吸热,预冷后应始终保持低温贮藏^[48]。有研究表明,双孢蘑菇在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 90% 时利于保鲜^[49]。Burton K 等认为^[12],双孢蘑菇的较佳贮藏温度在 $3\text{ }^\circ\text{C}$ 左右。当温度低于 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 贮藏时,会引起冻害以及融化后的水分丧失和酶褐变。陶菲等^[50]认为采用真空预冷预处理后再冷藏,蘑菇的生理生化指标和感官品质的变化幅度都有所减少,可延长货架期 4~5 d。因蒸腾作用可显著影响新鲜蘑菇的品质指标,湿度损失也可能造成产品新鲜度的下降,从而出现萎蔫,故需维持高湿度的贮藏环境^[51]。

1.3.6 辐射技术 辐射保鲜技术是利用紫外线、 γ 射线、电子束等破坏细胞的 DNA、核膜和细胞膜,达到阻碍微生物生命代谢、细胞死亡的目的,以延长食品的货架期。其主要特点是成本低、无化学污染、应用范围广,且对食品品质破坏小^[21]。研究表明,利用放射性元素发出的 λ 射线可延长货期^[52];用臭氧处理后的水浸泡双孢蘑菇子实体后,能提高双孢蘑菇的品质^[49]。熊巧玲等^[53]用 γ 射线辐照白灵菇,发现辐射后其保鲜时间延长、蛋白含量最高,但剂量过大则会加速衰老。有研究表明^[54],用电子束照射包装完整的双孢蘑菇,发现能显著延长双孢菇的货架期且能有效保留其营养成分。Jiang 等^[55]的研究表明,UV-C 照射能够显著抑制香菇硬度的下降,保持较高的类黄酮含量和 Vc 含量,延缓衰老。李波等^[56]研究也表

明, UV-C 照射能抑制其后熟作用, 降低 PPO 活性, 降低呼吸强度, 减小细胞膜透性, 延缓褐变反应, 同时能够抑制菌柄伸长。也有研究发现^[57], 用 UV-C 处理双孢菇后冷藏, 发现表面微生物的数量和褐斑的发生程度显著下降。UV-C 处理安全、简单且不会造成辐射残留或药物的积累, 对其研究较多, 然而由于目前国内技术条件落后, 人们对 γ 辐射保鲜认识度不高。

1.3.7 其他 涂膜保鲜、生物保鲜法等也是食用菌常用的保鲜方法。Gao^[58]研究表明, 用 5 μ L/L 的肉桂精油双孢蘑菇可降低蘑菇的褐变度、延迟开伞、减少菌盖表面的微生物数量、提高总酚及抗坏血酸含量, 同时抑制 PPO 和 POD 活性。也有研究表明^[14], 用大蒜和生姜的复配保鲜剂处理双孢蘑菇, 可保持其感官品质和营养成分并延长货架期。

2 展望

综上所述, 提高双孢蘑菇品质的各种方法尽管在生产、贮藏和流通中取得了一定的成效, 但是存在使用成本高、难操作、化学药剂的残留及毒性、贮藏期有限及冷链不健全、产品风味受影响等问题。因此, 成本低、有效且易于操作的保鲜技术正被市场所追求。虽然目前国内外有很多提高双孢蘑菇品质的技术和方法, 但只有选育出不易褐变、贮藏能力强的新品种才能从根本上解决双孢蘑菇的保鲜品质问题^[18]。吴安君^[59]利用基因工程技术使得马铃薯多酚氧化酶活性被抑制, 马铃薯发生创伤或在加工中不会发生褐变, 开辟了马铃薯抗褐变的新纪元, 但是针对双孢蘑菇抗褐变的研究却很少, 在分子水平上抑制多酚氧化酶活性的研究尚无报道。因此利用基因工程技术从分子水平上研究基因表达, 对基因进行调控, 选育高品质双孢蘑菇品种将是今后研究的一个重点方向^[14]。

参考文献:

- [1] 周永斌, 张志军, 王文治, 等. 双孢菇保鲜与加工技术[J]. 科技情报开发与经济, 2008, 18(15): 151-152.
- [2] 马丽君, 张文斌, 王俊梅, 等. 张掖市双孢菇产业发展浅议[J]. 甘肃农业科技, 2013(1): 56-57.
- [3] 倪鼎文, 王 婷. 河西灌区设施双孢菇高产栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2017(2): 82-84.
- [4] CHANG S T. Mushroom Biology: the impact on mushroom production and mushroom products [M]. Hong Kong: The Chinese University Press, 1993.
- [5] 刘君昂, 李 琳, 周国英. 双孢蘑菇的研究现状及其在湖南地区的发展前景[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(5): 1346-1347, 1350.
- [6] 秦俊哲. 食用菌栽培学[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2003: 54-55.
- [7] 卯晓岚. 中国经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [8] 史绮云. 八种食用菌营养成分测定与分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2003(3): 337-337.
- [9] 常海兰, 殷 凤. 双孢蘑菇的抗氧化作用及对免疫功能影响的研究[J]. 山西医科大学学报, 2003, 34(2): 122-123.
- [10] 李林玉, 金 航, 张金渝, 等. 中国药用真菌概述[J]. 微生物学杂志, 2007, 27(2): 57-61.
- [11] 李 瑜, 杨国浩, 詹丽娟, 等. 双孢菇中多酚氧化酶活性的影响因素[J]. 食品科学, 2011, 32(18): 319-322.
- [12] BURTON K S, NOBLE R. The influence of flush number bruising and storage temperature on mushrooms quality[J]. Postharvest Biol. Technol, 1993, 3: 39-47.
- [13] 上官舟建. 双孢蘑菇的保鲜研究[J]. 中国食用菌, 1994, 10(2): 41-42.
- [14] 邢作山, 周传建, 郭 惠. 双孢菇简易保鲜技术[J]. 农业知识(瓜果菜), 2008(7): 44.
- [15] VAN LEEUWEN J, WICHERS H J. Tyrosinase activity and isoform composition in *Sepa* rate tissues during development of *Agaricus bisporus* fruit bodies[J]. Mycol Res, 1999, 103: 413-418.
- [16] 韩晓芳, 杨 杰, 孟俊龙, 等. 不同品种对双孢蘑菇采后贮藏性的影响[J]. 天津农业科学, 2011, 17(1): 124-126.
- [17] 王赵改, 杨 慧, 李 靖, 等. 采收期对不同品种双孢蘑菇品质的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(7): 107-110, 127.
- [18] 许晓丹. PPO 基因表达分析及双孢蘑菇高效表达载体的构建[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2012.
- [19] 池致念, 柯家耀, 王泽生. 双孢蘑菇褐变的酶学机理研究[J]. 中国食用菌, 1999, 18(5): 21-22.
- [20] 李成华, 张永丹, 刘 吟, 等. 采收期对双孢蘑菇采后耐贮性品质影响研究[J]. 中国食用菌, 2009, 28(5): 46-49.
- [21] 路媛媛. UV-C 和高 CO₂ 处理对双孢蘑菇采后生理及抗氧化品质的影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [22] 韩 伟. 蘑菇速冻工艺[J]. 蔬菜, 2006(6): 28-29.
- [23] 方 芳, 王 强, 刘红芝. HACCP 在双孢菇速冻保

- 鲜加工中的应用[J]. 农产品加工, 2010(8): 14-16.
- [24] 卞生珍, 谢俊彪, 李学英, 等. 双孢蘑菇采后贮藏保鲜技术[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(6): 32-35.
- [25] 黄守程, 刘爱荣, 何华齐, 等. 1-MCP处理对双孢蘑菇采后生理生化特性的影响[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(8): 1959-1961.
- [26] 陈丹生, 苏新国, 郑永华, 等. 1-甲基环丙烯对红富士苹果贮藏品质的影响[J]. 食品科学, 2003, 24(9): 143-146.
- [27] 李雪枝, 郑铁松, 战旭梅. 不同浓度1-MCP对草莓保鲜效果的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(11): 513-515.
- [28] BARITELLE A L, HYDE G M, FELLMAN J K, *et al.* Using 1-MCP to inhibit the influence of ripening on impact properties of pear and apple tissue[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2001, 23: 153-160.
- [29] 杨巍, 刘晶, 吕春晶, 等. 氯化钙和抗坏血酸处理对鲜切苹果品质和褐变的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(16): 3402-3410.
- [30] 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: 3641-3674.
- [31] 赵东海, 张建平, 侯菊花. 蘑菇中多酚氧化酶的酶学特性研究[J]. 食品与机械, 2004, 20(5): 12-13.
- [32] 王赵改, 杨慧, 杨丰菊, 等. 采前喷施钙和精胺对双孢蘑菇褐变抑制率和贮藏品质的影响[J]. 山西农业科学, 2013, 41(12): 1380-1384.
- [33] 朱金华, 刘静, 章金元, 等. 蘑菇MA保鲜技术的研究[J]. 食品科学, 1994(2): 65-69.
- [34] 徐鑫. 食用菌贮藏保鲜探析[J]. 食用菌, 2002(2): 43-44.
- [35] 阎瑞香, 李宁, 朱志强, 等. 不同保鲜膜包装对双孢蘑菇采后贮藏品质影响[J]. 中国食用菌, 2010, 29(4): 46-48; 51.
- [36] 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.
- [37] ZHUANG Y, QIN Y Y, LI B, *et al.* Effect of grapefruit essential oil content on properties of composite film and shelf life of *Agaricus bisporus*[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2016, 32(9): 90-99.
- [38] 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.
- [39] 石启龙, 王相友, 王娟, 等. 包装材料对双孢蘑菇贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品科学, 2005, 26(6): 253-256.
- [40] 史君彦, 夏春丽, 范林林, 等. 不同保鲜膜处理对双孢蘑菇保鲜效果的影响[J]. 食品工业, 2016, 37(12): 50-53.
- [41] 阎瑞香, 李宁, 朱志强, 等. 不同保鲜膜对双孢蘑菇采后褐变及相关酶活性的影响[J]. 北方园艺, 2010(13): 196-198.
- [42] 葛林梅, 郜海燕, 毛金林, 等. 不同包装方法对低温贮藏双孢蘑菇品质的影响[J]. 中国食品学报, 2009, 9(3): 129-134.
- [43] BRIONES G L, VAROQUAUX P, CHAMBORY Y, *et al.* Storage of common mushroom under controlled atmospheres [J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 1992, 27(5): 493-505.
- [44] JAFRI M, JHA A, BYNKAR D S, *et al.* Quality retention of oyster mushrooms (*Pleurotus florida*) by a combination of chemical treatments and modified atmosphere packaging [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 76: 112-118.
- [45] JIANG T J. Effect of Natamycin in combination with pure oxygen treatment on postharvest quality and selected enzyme activities of button mushroom (*Agaricus bisporus*) [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2012, 60: 2562-2568.
- [46] 李媛媛. 白灵菇气调保鲜技术及生物有效性研究[D]. 天津: 天津科技大学, 2010.
- [47] 钱爱萍. 不同贮藏温度对双孢蘑菇采后品质的影响[J]. 中国园艺文摘, 2010(1): 42-43.
- [48] 王新风, 潘磊, 孙惠玲, 等. 不同温度贮藏秀珍菇SOD和POD活性的影响[J]. 淮阴师范学院学报, 2005, 4(4): 323-326.
- [49] 段振华. 双孢蘑菇保鲜技术的研究进展 [J]. 食品研究与开发, 2003, 24(3): 111-112.
- [50] 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.
- [51] P V MAHAJAN, F A R OLIVEIRA, I MACEDO. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms [J]. *Journal of Food Engineering*, 2008, 84: 281-288.
- [52] LESCANO G. Extension of mushroom (*Agaricus Bisporus*) shelf life by gamma radiation [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 1994, 4(3): 255-260.
- [53] 熊巧玲, 邢增涛, 冯志勇. ^{60}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.

草莓组织培养研究综述

汤 玲, 贺 欢, 孔 芬, 韩富军, 王卫成

(甘肃省农业科学院林果花卉研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 从草莓不同组织器官组培快繁、外源激素在组培中的应用、不同草莓品种的组培快繁、草莓组培快繁培养基表面消毒时间等方面, 对近年来草莓组培快繁技术的研究进展进行了综述, 并着重对脱毒率、成活率及褐化问题进行了分析。

关键词: 草莓; 组织培养; 研究; 综述

中图分类号: S663.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)09-0068-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.09.021

Research Summary of Tissue Culture of Strawberry

TANG Ling, HE Huan, KONG Fen, HAN Fujun, WANG Weicheng

(Institute of Fruit and Floriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: The research progress of the technology of tissue culture and rapid propagation of strawberries are reviewed in recent years from different organs of strawberry micropropagation, the application of exogenous hormones in tissue culture and different cultivars of strawberry, medium surface disinfection time of strawberry micropropagation etc. And focusing on the detoxification rate, survival rate and browning problem are analyzed.

Key words: Strawberry; Tissue culture; Research; Summary

草莓属于多年生草本水果, 由于其果肉富含维生素和微量元素, 营养价值很高, 深受人们的喜爱。近年来草莓种植发展很快, 成为设施水果和生态园自助采摘的主要水果种类之一。

但相对于其他水果种类, 草莓品种相对单一, 且由于多年种植导致病毒病侵染严重, 种性退化, 果实变小, 畸形果比例增多, 口感会逐渐变差, 严重影响果农的经济收益和种植积极性。目前国

收稿日期: 2017-03-14

作者简介: 汤 玲(1987—), 女, 重庆铜梁人, 研究实习员, 主要从事草莓育种研究工作。联系电话: (0)18394030809。E-mail: tangling1986@hotmail.com。

通信作者: 王卫成(1968—), 男, 甘肃白银人, 副研究员, 主要从事草莓育种研究工作。联系电话: (0)13919430750。E-mail: wang216630@sohu.com。

- [54] 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.
- [55] JIANG T J, JAHANGIR M M, JIANG Z H, *et al.* Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shi-itate (*Lentinus edodes*) mushrooms during storage[J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 56: 209-215.
- [56] 李 波, 芦 菲, 余小颖, 等. 短波紫外线对鸡腿菇保鲜的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 306-309.
- [57] GUAN W Q, FAN X T, YAN R X. Effects of UV-C treatment on inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, microbial loads, and quality of button mushrooms [J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 64: 119-125.
- [58] GAO M S, FENG L F, JIANG T J. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment [J]. Food Chemistry, 2014, 149: 107-113.
- [59] 吴安君. 双孢菇的贮藏保鲜及速冻工艺研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2011.

(本文责编: 陈 伟)