

文章编号:2095-6002(2013)04-0059-05

引用格式:庄远红,刘静娜,林娇芬,等.不同护色剂对冻藏双孢蘑菇片防褐效果的研究.食品科学技术学报,2013,31(4):59-63.

ZHUANG Yuan-hong, LIU Jing-na, LIN Jiao-fen, et al. Influences of Different Color Retention Agents on Browning of Freezing-stored Cultivated *Agaricus Bisporus* Slices. Journal of Food Science and Technology, 2013, 31(4):59-63.

不同护色剂对冻藏双孢蘑菇片防褐效果的研究

庄远红, 刘静娜, 林娇芬, 刘斯琪, 陈晓红

(闽南师范大学 生物科学与技术系, 福建 漳州 363000)

摘要:研究了单一和复合护色剂对冻藏双孢蘑菇片防褐效果及品质的影响,结果表明,经不同护色剂浸渍后的冻藏双孢蘑菇片多酚氧化酶活性由低到高顺序为:L-半胱氨酸、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 柠檬酸、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + L-半胱氨酸、柠檬酸、对照,过氧化物酶活性由低到高顺序为:L-半胱氨酸、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + L-半胱氨酸、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 柠檬酸、柠檬酸、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 、对照,即0.15% L-半胱氨酸处理对冻藏双孢蘑菇片的防褐变效果最好;此外,经过L-半胱氨酸处理的双孢蘑菇片可溶性固形物流失量最低,细菌总数最少,且不引起亚硫酸盐残留。

关键词:双孢蘑菇;冻藏;褐变;L-半胱氨酸

中图分类号:TS255.3;S646.1

文献标志码:A

双孢蘑菇(*Agaricus bisporus* (Lange) Sing)味道鲜美,营养价值非常高,属于高蛋白、低热量、低脂肪食物,有“素中之荤”的美称^[1-2]。目前双孢蘑菇是世界上人工栽培最广泛、产量最高、消费量最大的食用菌,约占世界食用菌总产量的70%左右^[3-4]。然而,新鲜的双孢蘑菇采后常温贮藏易变色,表面出现黄褐色的锈斑,影响外观。冻藏是双孢蘑菇长期贮藏运输的主要方式,我国冷冻鲜菇的出口量占世界首位^[5]。切片冷冻的双孢蘑菇在低温下酚类物质的氧化酶仍存在一定活性,容易产生褐变,并且解冻后汁液流失较为严重,降低其营养价值^[6],因此,抑制双孢蘑菇褐变已成为贮藏保鲜的重要内容。

目前化学药剂保鲜法因操作简单、成本低而被广泛应用,但普遍使用的荧光粉、硫制剂存在二次污染和残留等问题,无污染、无残留的替代品成为当前研究重点。本研究前期成果发现,L-半胱氨酸在速冻香蕉片上具有使用量小、护色效果佳、营养安全等特点,但在双孢蘑菇上研究较少,也未见过与焦亚硫酸钠等硫制剂或者均具护色、抗氧化、调节风味的柠

檬酸在使用效果上的比较。本研究比较3种护色剂及其复配对冻藏双孢蘑菇褐变的关键酶活性及解冻后汁液流失、细菌总数及亚硫酸盐残留的影响,以期寻找实用、安全的硫制剂替代物,为冻藏双孢蘑菇贮藏保鲜提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

双孢蘑菇为市售新鲜、当日采摘的蘑菇。

1.2 主要仪器设备

UV-1100B型紫外可见分光光度计,上海美谱达仪器有限公司;REF1010型手持折光仪,上海光学仪器进出口有限公司;BS124S型电子天平,北京赛多利斯有限公司;TGL-20M型台式高速冷冻离心机,湖南赛特湘仪离心机仪器有限公司;BCD-176TS型冰箱,青岛海尔集团有限公司;HH-2型数显恒温水浴锅,常州国华电器有限公司;AIR-TECH型超净工作台,苏州净化集团;PYX-280S-A型生化培养箱,广东科力韶关实验仪器有限公司。

收稿日期:2012-12-06

基金项目:福建省教学质量与教学改革工程项目(闽教高[2011]69号);漳州师范学院杰出科研人才计划资助项目(SJ1114)。

作者简介:庄远红,女,讲师,硕士,主要从事食品加工与食品质量安全方面的研究。

1.3 工艺流程

1.3.1 蘑菇挑选

从市场上选购当日采摘的菇体完整、菇盖未开伞、子实体大小基本一致、颜色洁白、无机械损伤、无病虫害的蘑菇。

1.3.2 冲洗

将购买回来的蘑菇放入洁净的加工台上,用水冲去表面的沙土,动作应当轻柔,防止蘑菇破损。

1.3.3 沥干

用均一缝隙的漏勺将冲洗过的蘑菇沥干,直到没有成滴的水珠沥出。

1.3.4 切片

将蘑菇倒置,切成4~6 mm的片状体,尽量不要让菇柄脱落,保持蘑菇的切面完整美观。

1.3.5 浸泡

将切好的蘑菇平均的、同时的放入配制好的护色液中,应让所有的切片都浸入护色液中,盛有护色液的容器应先用标签纸做好标志,浸泡3~4 min,留一份做空白对照。

1.3.6 沥干

用均一缝隙的漏勺将冲洗过的蘑菇片沥干,直到没有成滴的水珠沥出,以防止冷冻时造成严重的机械损伤,降低蘑菇的价值。

1.3.7 装袋

将沥干的菇片小心装入自封袋中。

1.3.8 冷冻

将装袋的蘑菇片放入-18℃的冰箱冷藏柜中贮藏。

1.4 实验设计

实验设6组处理,分别配制质量分数为0.15%柠檬酸(CA)、0.15% L-半胱氨酸(L-Cys)、0.15% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 、0.075% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 0.075% L-Cys、0.1% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + 0.05% CA的护色液,以去离子水处理为对照组。

1.5 实验方法

1.5.1 酶活性测定

1)酶的提取. 冷冻双孢蘑菇片贮藏5 d后,取样品5 g,加入少量聚乙烯吡咯烷酮及石英砂,以两倍体积预冷的0.1 mol/L pH值为6.4的磷酸缓冲液,将样品磨碎,用四层纱布过滤,于0℃,12 000 r/min的条件下冷冻离心10 min,弃沉淀,将上清液转入25 mL刻度试管,用0.1 mol/L pH值为6.4的磷酸盐缓冲液定容,4℃保存直至多酚氧化酶

(PPO)、过氧化物酶(POD)活性的测定^[7]。

2)PPO的测定. 在比色杯中加入2.8 mL 0.1 mol/L邻苯二酚(用0.1 mol/L pH值为6.4的磷酸盐缓冲液配制)和0.2 mL 0.1 mol/L pH值为6.4的磷酸盐缓冲液,作为零对照. 向另一比色杯中加入2.8 mL 0.1 mol/L邻苯二酚和0.2 mL酶液,立即开启秒表记录时间. 用分光光度计在420 nm波长下测定反应3 min时的吸光值,通过OD(optical density)值直观地比较酶活性的大小^[7]。

3)POD的测定. 在比色杯中加入0.5 mL 1.5%的愈创木酚(溶剂为50%乙醇)和0.2 mL 0.5% H_2O_2 以及2.3 mL 0.1 mol/L pH值为6.4的磷酸盐缓冲液,作为零对照;向另一比色杯中加入0.5 mL 15%愈创木酚,0.2 mL 0.5% H_2O_2 ,0.1 mol/L磷酸盐缓冲液(pH值为6.4),0.2 mL酶液,立即开启秒表记录时间,用分光光度计在470 nm波长下测定反应3 min时的吸光值,通过OD值直观地比较酶活性的大小^[7]。

1.5.2 冻藏双孢蘑菇片品质测定

汁液可溶性固形物测定:冷冻双孢蘑菇贮藏5 d后自然解冻2 h后,用手持折光仪测定流失汁液的可溶性固形物含量^[8],每个处理测定3次,取平均值。

汁液流失率的测定:鲜切双孢蘑菇冷冻贮藏5 d后自然解冻,采用称重法,按公式计算。

汁液流失率 = (未解冻时双孢蘑菇片的质量 - 室温下解冻(汁液自然流出)2 h后双孢蘑菇片的质量) / 未解冻时双孢蘑菇片的质量 × 100%。

每个处理重复3次。

亚硫酸盐残留量测定:蒸馏滴定法^[8]。

细菌总数测定:平板计数法^[9]。

2 结果与分析

2.1 护色剂对冻藏双孢蘑菇片防褐效果的影响

2.1.1 感官评价结果

护色剂处理后冻藏双孢蘑菇片在45 d内的褐变情况如表1. 从表1可以看出,CA不具有护色效果,而经L-Cys浸泡后的双孢蘑菇片在贮藏过程中多数不褐变但菇体颜色稍偏黄, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 具有漂白的效果,贮藏前期菇体颜色发白,但贮藏至45 d时,菇体依然出现中度褐变现象, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 与CA、L-Cys搭配也无法较好改善护色效果. 相比而言,单独使用L-Cys对冻藏双孢蘑菇片的护色效果较好。

表1 冻藏双孢蘑菇片感官评定结果

Tab.1 Sensory evaluation of freezing-stored *Agaricus bisporus* slices

处理	第3天	第7天	第15天	第30天	第45天
对照组	明显褐变	严重褐变	严重褐变	严重褐变	严重褐变
CA	严重褐变	严重褐变	严重褐变	严重褐变	严重褐变
L-Cys	菇体颜色自然	略有黄色	略有黄色	偏黄色	中度发黄
Na ₂ S ₂ O ₅	菇体发白	无褐变现象, 菇体发白	颜色稍偏暗	部分菇柄和菇帽出现轻微红褐色, 多数菇帽呈现轻微黄褐色	菇柄、菇帽中度褐变
Na ₂ S ₂ O ₅ + CA	少数褐变, 颜色暗黄	少数褐变, 颜色暗黄	轻度发黄和褐变	菇帽呈黄褐色, 菇褶褐变, 轻微发黄	中度褐变, 菇褶处严重褐变
Na ₂ S ₂ O ₅ + L-Cys	轻微褐变	菇体轻微黄偏褐	菇帽表面轻微褐变	菇帽表面轻微褐变, 菇褶中度褐变	中度发黄和褐变

2.1.2 PPO 酶活力的测定结果

图1(a)、(b)显示了不同护色剂处理的冻藏双孢蘑菇片 PPO 活性情况。可以看出,对照组(CK)和CA处理的冻藏双孢蘑菇片 PPO 活性很高,说明未经护色或经CA浸泡不能抑制冻藏双孢蘑菇片 PPO 活性;其他处理组的冻藏双孢蘑菇片 PPO 活性相差

不大。PPO 活性由低到高大致顺序为: L-Cys、Na₂S₂O₅ + CA、Na₂S₂O₅、Na₂S₂O₅ + L-Cys、CA、CK,即各护色剂对冻藏双孢蘑菇片 PPO 的抑制效果由大到小顺序为: L-Cys、Na₂S₂O₅ + CA、Na₂S₂O₅、Na₂S₂O₅ + L-Cys、CA、CK,即 L-Cys 抑制效果最好。

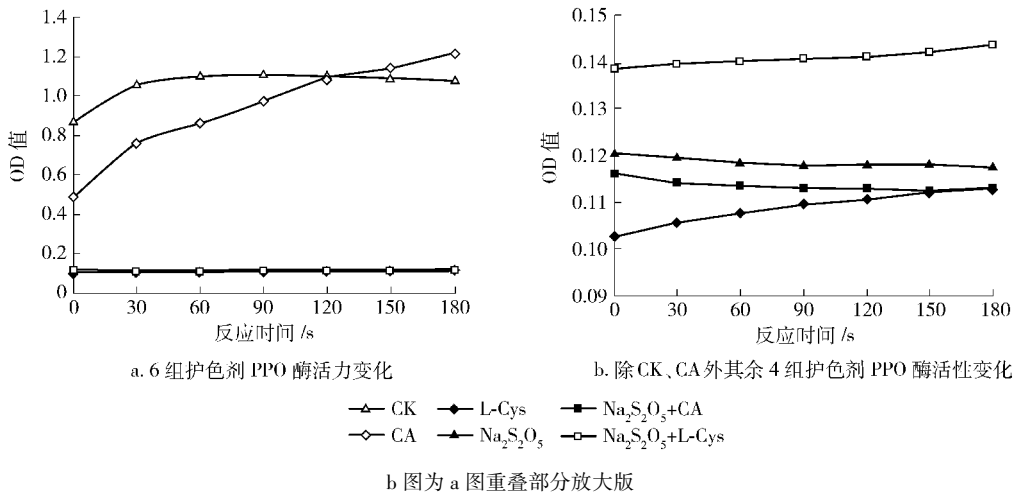


图1 护色剂对冻藏双孢蘑菇片 PPO 酶活力的影响

Fig.1 Effects of color-protecting solutions on PPO activity of freezing-stored *Agaricus bisporus* slices

2.1.3 POD 酶活性的测定结果

经不同护色剂浸渍处理后,冻藏双孢蘑菇片 POD 活性如图2。结果表明,不同处理的冻藏双孢蘑菇片 POD 活性由小到大顺序为: L-Cys、Na₂S₂O₅ + L-Cys、Na₂S₂O₅ + CA、CA、Na₂S₂O₅、对照,即各护色剂对冻藏蘑菇片 POD 活性的抑制效果由大到小顺序为: L-Cys、Na₂S₂O₅ + L-Cys、Na₂S₂O₅ + CA、CA、Na₂S₂O₅、CK,即 L-Cys 和 Na₂S₂O₅ + L-Cys 的抑制效果最佳。

2.2 护色剂对冻藏双孢蘑菇片品质的影响

汁液流失率大小代表其组织结构被破坏的程

度^[10],是影响双孢蘑菇果肉品质和营养价值的一个重要指标,护色剂处理后冻藏双孢蘑菇片品质状况见表2。表2结果显示,经不同护色剂处理后,双孢蘑菇汁液流失量存在差异,经CA、L-Cys、Na₂S₂O₅、Na₂S₂O₅ + CA、Na₂S₂O₅ + L-Cys处理后汁液流失率分别比对照减少了13.29%(质量分数,下同),10.07%,1.02%,20.22%,17.4%,说明护色剂能有效地降低冻藏双孢蘑菇片汁液流失率,保护组织结构,防止营养物质的损失,5种护色剂中以Na₂S₂O₅ + CA效果为佳。同时可以看出,经CA、L-Cys、Na₂S₂O₅、Na₂S₂O₅ + CA、Na₂S₂O₅ + L-Cys处理

后的冻藏蘑菇片可溶性固形物含量与对照相比,分别减少了 0.7% , 2.2% , 1.5% , 2.0% , 1.8% , 说明护色处理能有效降低解冻双孢蘑菇片固物流失量. 5 种护色剂中以 L-Cys 效果为佳, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + L-Cys 次之.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 是种还原型漂白剂,通过其所产生的二氧化硫的还原作用,来抑制、破坏食品的变色因子,使蘑菇免于发生褐变. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 作为食品添加剂使用将带来 SO_2 的残留问题,本实验以 SO_2 残留量来衡量焦亚硫酸盐的护色效果. 从表 2 可知,经 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + CA、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + L-Cys 护色剂处理后的双孢蘑菇片中, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + CA 处理 SO_2 残留量最少,而对照、CA、L-Cys 没有亚硫酸盐的残留问题. 根据食品添加剂使用卫生标准^[11],蘑菇中 SO_2

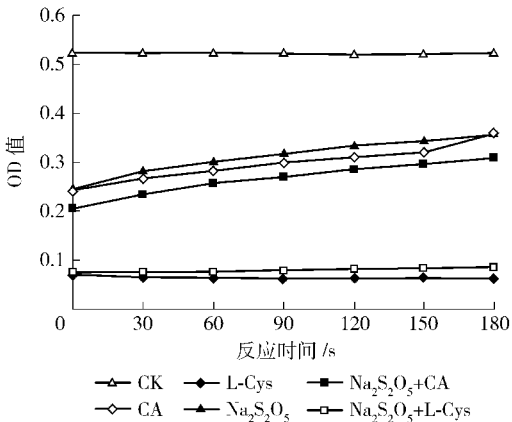


图 2 护色剂对冻藏双孢蘑菇片 POD 酶活力的影响
Fig.2 Effects of color-protecting solutions on POD activity
activity of freezing-stored *Agaricus bisporus* slices

表 2 不同护色剂处理后冻藏双孢蘑菇片的质量状况

Tab.2 Qualities of freezing-stored agaricus bisporus slices after treated with different color-protecting solutions				
处理	w(汁液流失率)/%	w(汁液可溶性固形物)/%	w(亚硫酸盐的残留量) (以 SO ₂ 计)/(mg/kg)	细菌菌落总数 (稀释 2 个梯度)/(CFU/g)
CK	55.89	5.0	0	324
CA	42.60	4.3	0	164
L-Cys	45.82	2.8	0	69
Na ₂ S ₂ O ₅	54.87	3.5	7.4	80
Na ₂ S ₂ O ₅ + CA	35.67	3.0	2.8	153
Na ₂ S ₂ O ₅ + L-Cys	38.49	3.2	3.7	77

残留量不得超过 50 mg/kg,因此经本实验的护色剂浸泡后的双孢蘑菇片,其二氧化硫残留量均未超出国家标准,可以安全食用.

冷冻双孢蘑菇半成品中菌落总数的测定是衡量其品质好坏的一个重要标准. 菌落总数是指双孢蘑菇经过处理,并在一定条件下培养后,得到的 1 g 蘑菇样品所含细菌菌落的总数. 从表 2 可知,与对照相比,经 CA、L-Cys、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + CA、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + L-Cys 处理后的冻藏蘑菇片菌落数有所减少,说明护色剂的使用在防止褐变的同时,也可以在一定程度上抑制微生物的生长繁殖,防止产生异味. L-Cys 的效果最佳, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + L-Cys 次之.

3 讨论

双孢蘑菇后熟特征在感官上表现为褐变、破膜、开伞、软腐等变化,生理上则表现为失水、散热、呼吸作用及生化成分的一系列变化,影响到细胞生长发

育和生理代谢过程^[12]. 本实验结果表明,焦亚硫酸钠单一使用或与柠檬酸、L-半胱氨酸复合使用对 PPO、POD 酶活性的抑制效果均不如单一使用 L-半胱氨酸效果好,解冻后汁液流失带走的固形物较大,并且造成硫残留. L-半胱氨酸对冻藏双孢蘑菇片的护色效果最好,而且能较好地保持蘑菇片的特有风味和营养品质. Richard 等^[13]和 Robert 等^[14]的研究也证实了 L-半胱氨酸抑制褐变的可行性,与多酚氧化酶氧化的醌类物质加成,生成无色的稳定化合物,使其不能形成黑色素^[15],同时该化合物还可以作为还原剂,将体系中的醌类及其衍生物还原成酚,并通过自身的氧化来降低体系中含氧量^[16],阻止氧化变色. L-半胱氨酸补充了采后双孢蘑菇部分营养需求,延缓衰老进程,降低开伞和薄皮菇比例,并且半胱氨酸为人体所需氨基酸,安全性高,建议在双孢蘑菇采后贮藏、加工过程中逐步用 L-半胱氨酸取代其他化学抑制剂,控制其褐变.

参考文献:

- [1] 史琦云,邵威平. 八种食用菌营养成分的测定与分析[J]. 甘肃农业大学学报,2003,38(3):336-339,345.
- [2] 石启龙,王相友,王娟,等. 不同贮藏温度对双孢蘑菇生理特性的影响[J]. 食品工业科技,2005,26(3):165-166,169.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 王成福. 不同无机盐营养对双孢蘑菇生长影响的研究进展[J]. 内蒙古林业调查设计,2010,33(4):109-110.
- [6] 李清明,谭兴和,王锋,等. 速冻双孢蘑菇护色工艺研究[J]. 食品工业科技,2007,28(3):160-162.
- [7] 赵吉顺,赵天瑞,樊建,等. 冻结条件对双孢蘑菇 PPO 和 POD 活性的影响[J]. 中国食用菌,2010,29(3):43-45.
- [8] 王启军. 食品分析实验[M]. 2版. 北京:化学工业出版社,2010:9-10,64-65.
- [9] 江汉湖. 食品微生物[M]. 北京:中国农业出版社,2005:546-552.
- [10] 张丽,王丽,李学鹏,等. 褐藻提取物与复合磷酸盐对中国对虾保水效果的比较[J]. 水产学报,2010,34(10):1610-1616.
- [11] 国家食品安全风险评估中心. GB 2760—2011 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [12] 田广瑞,王安建,魏书信,等. 双孢蘑菇贮藏条件对其生理生化变化影响的研究进展[J]. 农产品加工:学刊,2012(1):89-92.
- [13] Richard-Forget F C, Goupy P M, Nicolas J J. Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. Kinetic studies [J]. J Agric Food Chem, 1992, 40(11):2108-2113.
- [14] Robert C, Richard-Forget F, Rouch C, et al. A kinetic study of the inhibition of palmito polyphenol by L-Cysteine[J]. Int J Biochem Cell Biol, 1996,28(4):457-463.
- [15] 张勇,池建伟,温其标,等. 香蕉多酚氧化酶褐变性质的研究[J]. 食品与发酵工业,2004,30(5):53-57.
- [16] 俞益芹,张焕新. 蜂胶复合保鲜剂对双孢蘑菇保鲜的效果[J]. 江苏农业科学,2011,39(6):445-448.

Influences of Different Color Retention Agents on Browning of Freezing-stored Cultivated *Agaricus Bisporus* Slices

ZHUANG Yuan-hong, LIU Jing-na, LIN Jiao-fen, LIU Si-qi, CHEN Xiao-hong

(Department of Biology Science and Technology, Minnan Normal University, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: The effects of different color-protecting solutions on anti-browning effect and the quality of freezing-stored cultivated *Agaricus bisporus* slices were investigated in this research. The results showed that the polyphenol oxidase (PPO) activity in freezing-stored cultivated *Agaricus bisporus* slices soaked by different color-protecting solutions was in an order: L-cysteine < sodium pyrosulfite and citric acid < sodium pyrosulfite < sodium pyrosulfite and L-cysteine < citric acid < control check (CK) and the peroxidase (POD) activity was in another order: L-cysteine < sodium pyrosulfite and L-cysteine < sodium pyrosulfite and citric acid < citric acid < sodium pyrosulfite < CK. The results suggested that 0.15% L-cysteine solution showed the most efficiency in inhibiting freezing-stored cultivated *Agaricus bisporus* slices browning. In addition, freezing-stored mushroom slices treated with L-cysteine had the lowest loss of soluble solids, minimum number of bacteria and no sulfite residue.

Key words: *Agaricus bisporus*; freezing-stored; browning, L-cysteine

(责任编辑:叶红波)