

不同食品添加剂抑制双孢菇褐变的研究

蒋萌蒙 田呈瑞*, 孙俊 (陕西师范大学食品工程系, 陕西西安 710060)

摘要 试验优选了抑制双孢菇褐变的最佳抑制剂及抑制剂的复合。单因素试验表明: 不同抑制剂对双孢菇褐变都有一定的抑制作用, 效果最好的是苯甲酸, 其次是柠檬酸和异抗坏血酸钠, 而 NaCl、EDTA、环糊精单独使用抗褐变效果不明显; 抑制剂两两复合使用时, 抑制效果普遍较好, 其中抑制褐变效果最好的是柠檬酸和异抗坏血酸钠的复合。利用单因素优选出的3种最佳抑制剂进行正交试验, 结果表明: 当柠檬酸0.80%、苯甲酸0.30%、异抗坏血酸钠0.70%复合时抑制效果最佳, 抑制率达79.12%。

关键词 双孢菇; 抑制剂; 褐变

中图分类号 S646.1⁺9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)18-05553-03

Study on the Inhibitory Effect of Different Food Additives on Mushroom Browning

JIANG Meng meng et al (Department of Food Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710060)

Abstract The best inhibitor and the combination of inhibitor in mushroom browning were studied. The results showed that all inhibitors but H₂O₂ had some inhibitory effect, the best inhibitor was benzoic acid, and the next was citric acid and sodium erythorbic acid, and the individual application NaCl, EDTA and cyclodextrin was not effective inhibitors. When two inhibitors was combined, the result was better, the best combination was citric acid and sodium erythorbic acid. Through the experiment in three-factor (citric acid, benzoic acid, erythorbic acid) orthogonally design, the suitable combination of the inhibitor was citric acid 0.80%, benzoic acid 0.30% and sodium erythorbic acid 0.70%, and the rate of inhibition was 79.12%.

Key words Mushroom; Inhibitor; Browning

双孢菇属食用菌的一种, 它肉质肥嫩、鲜美可口, 除鲜食外, 还可以加工成罐头、饮料及脱水制片。双孢菇蛋白质含量高, 还含有丰富的氨基酸、核苷酸、维生素、矿物质等^[1]。双孢菇组织中也含有大量酚类物质, 酚类物质在酚酶作用下被氧化为邻醌, 邻醌又可以快速通过聚合作用形成褐色素或黑色素^[2], 使其发生“酶促褐变”, 从而影响了双孢菇的营养价值以及商品价值, 同时造成原料的损失。目前对双孢菇的褐变研究甚少, 笔者选取了几种对人体无毒的抑制剂来处理双孢菇, 通过单因素试验筛选和正交试验优选最佳抑制剂复合, 为抑制双孢菇在贮藏中褐变提供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 材料和设备 双孢菇购自西安果品批发市场; 柠檬酸(CA)、NaCl、H₂O₂、苯甲酸(pH值4.5)、异抗坏血酸钠、EDTA、环糊精均为分析纯。高速捣碎机SH1(江苏省盐城市龙岗医疗器械厂); 冷冻离心机GL21(湖南仪器仪表总厂); 紫外可见分光光度计756MC(上海分析仪器厂)。

1.2 试验方法

1.2.1 原料处理及测定。将新鲜双孢菇切碎, 加3倍蒸馏水, 放入打浆机中打浆2 min。量取30 ml 蘑菇浆液于250 ml的锥形瓶中, 加入一定量的抑制剂后补水至100 ml, 使其达到所取的抑制剂浓度。在室温下放置90 min, 10 000 r/min离心5 min, 得上清液。在416 nm波长下测定吸光度值^[3]。抑制率(R)的计算公式为:

$$R = (A_0 - A_m) / A_0 \times 100\%$$

式中, A₀表示空白试验所测吸光度值, A_m表示添加抑制剂所测吸光度值。根据测定的吸光度值计算抑制率, 并绘制抑制率—浓度曲线图^[4]。

1.2.2 单一抑制剂对双孢菇酶促褐变的影响。试验通过研究柠檬酸、异抗坏血酸钠、苯甲酸、EDTA、NaCl、H₂O₂、环糊精等抑制剂^[5-6]单独作用时对褐变的影响, 确定其抑制褐变的

最佳浓度, 为抑制剂复合的研究提供试验依据^[7]。各抑制剂所取的浓度如表1所示。

柠檬酸	异抗坏血酸钠	EDTA	苯甲酸	H ₂ O ₂	NaCl	环糊精
0.80	0.10	0.80	0.10	0.10	1.00	0.50
1.60	0.25	1.60	0.15	0.30	2.00	1.00
2.00	0.40	2.00	0.20	0.40	3.00	1.50
2.40	0.55	2.80	0.25	0.50	4.00	2.00
2.80	0.70	4.00	0.30	0.70	5.00	3.50

1.2.3 复合抑制剂对双孢菇酶促褐变的影响。

1.2.3.1 抑制剂两两复合试验。选取各抑制剂的最佳抑制褐变浓度, 运用排列组合法对每两种抑制剂进行复合, 并与单个抑制剂进行比较。按“1.2.1”的方法配制溶液进行试验, 测定吸光度值, 得出抑制效果较好的抑制剂的复合。

1.2.3.2 3种最佳抑制剂正交试验。由单因素试验以及两两复合试验得出的结果, 取最佳抑制效果的3种抑制剂进行3因素3水平的正交试验^[8-9]。按“1.2.1”的方法配制溶液进行试验, 测定吸光度值, 进而确定三者的最佳复合。

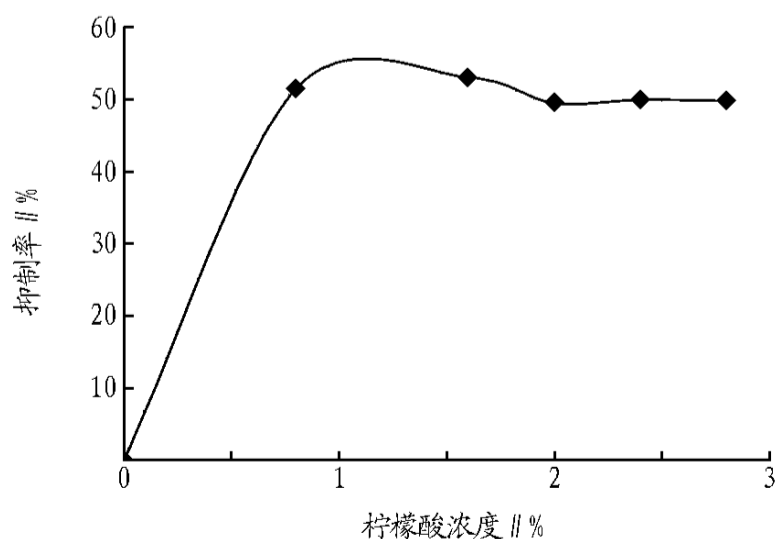


图1 柠檬酸影响曲线

2 结果与分析

2.1 单一抑制剂对褐变的影响

2.1.1 柠檬酸对褐变的影响。图1显示, 柠檬酸浓度 < 0.80%时, 抑制褐变效果随浓度呈直线增强, 之后继续增加

作者简介 蒋萌蒙(1982-), 女, 安徽砀山人, 硕士研究生, 研究方向: 食品分析。* 通讯作者。

其浓度,抑制效果趋于稳定。这是因为柠檬酸降低了反应体系的pH值,并螯合酶活性中心的铜离子^[10]而使酶失活,但较低的pH值使许多果蔬无法忍受。因此,从添加量与抑制率最佳对应效果上考虑,柠檬酸抑制双孢菇酶促褐变的最佳浓度为0.80%。

2.1.2 苯甲酸对褐变的影响。苯甲酸属于竞争性抑制剂,它与酪氨酸酶的酚类底物有结构的类似性,可与底物竞争同一活性中心。该试验所选取的苯甲酸的pH值为4.5^[10],这是因为未电离的苯甲酸分子与酪氨酸酶活性中心的铜离子络合时,它对酪氨酸酶的抑制效果随pH值的升高而降低。

图2显示,苯甲酸浓度在0.10%以下时,其抑制率随浓度增加呈直线上升趋势,但是大于0.10%后抑制率变化趋势基本稳定。因此,选择0.10%苯甲酸为最佳抑制浓度。

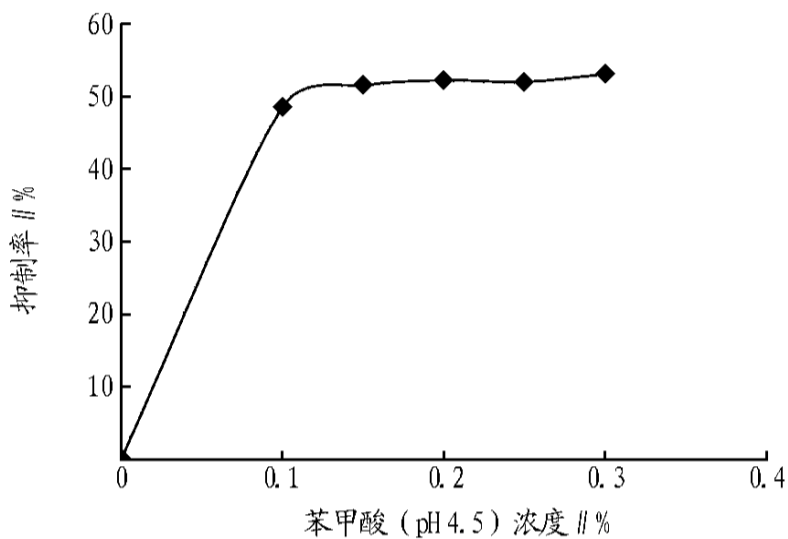


图2 苯甲酸影响曲线

2.1.3 异抗坏血酸钠对褐变的影响。图3显示,随着异抗坏血酸钠浓度的增加,抑制率直线上升,而在浓度0.10%之后上升趋势就不太明显了。因此,异抗坏血酸钠抑制褐变效果的最佳浓度为0.10%。这是因为当所添加的异抗坏血酸钠的量比较少时,其将酶促褐变的中间产物邻苯醌还原为邻苯酚的反应起主导作用,从而抑制率在不断增大;而当所添加的异抗坏血酸钠的量增多时,异抗坏血酸钠会被完全氧化成脱氢醋酸钠^[11],从而抑制率稳定。

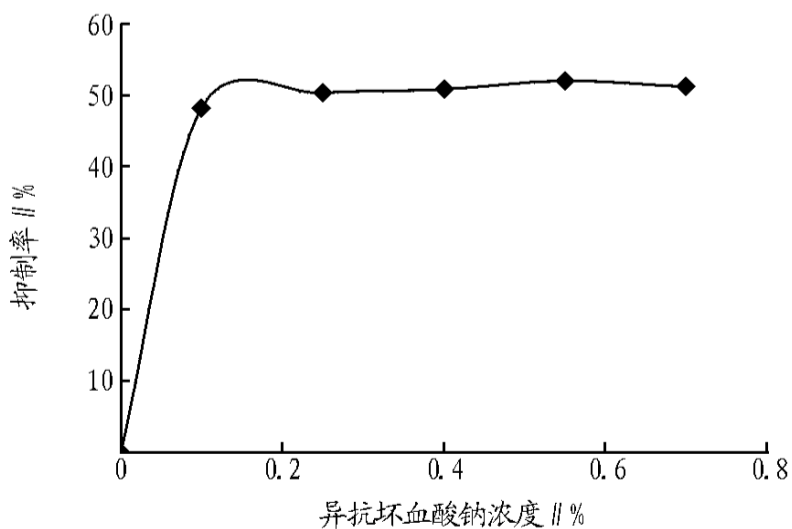


图3 异抗坏血酸钠影响曲线

2.1.4 NaCl对褐变的影响。图4显示,随NaCl浓度的增加,抑制率有所增加,这说明它对双孢菇酶促褐变有一定的抑制作用,但单独使用效果并不好,5%时抑制率仅为19.81%。NaCl可抑制酪氨酸酶的活性,而高浓度处理通常不被接受。

2.1.5 EDTA对褐变的影响。EDTA是一种螯合剂,它通过与酶分子活性中心的铜离子结合而防止褐变,是FDA批准使用的一种食品添加剂。但由图5可看出,EDTA并不是抑制

双孢菇褐变很有效的抑制剂。随EDTA浓度的增加,抑制褐变效果由增加到稳定,浓度在0.80%后抑制率就趋于稳定了。但由于单独使用时抑制率较低,所以,EDTA常与其他化学抑制剂结合使用控制褐变程度。

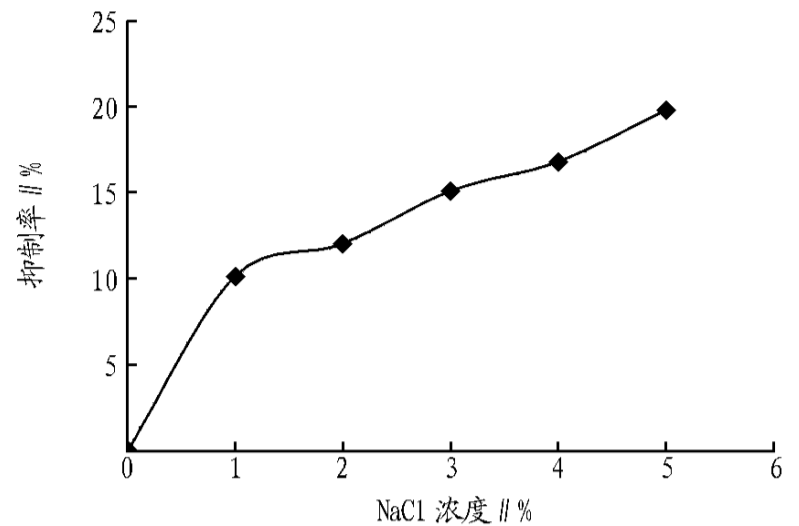


图4 NaCl影响曲线

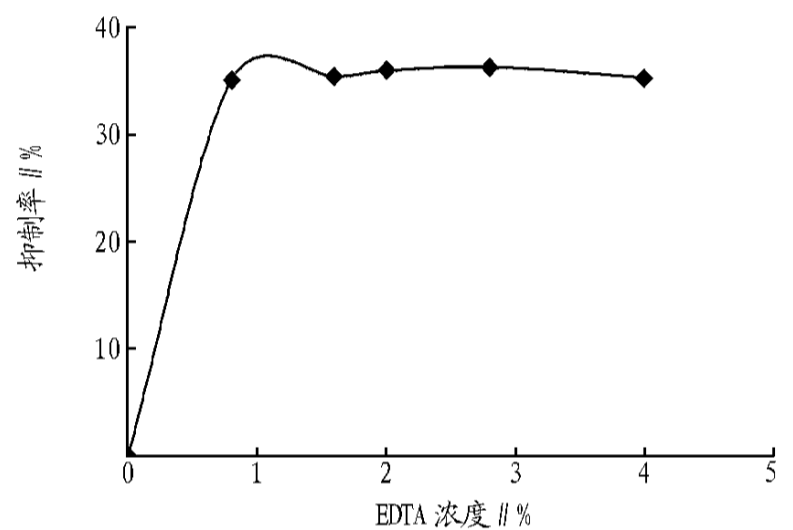


图5 EDTA影响曲线

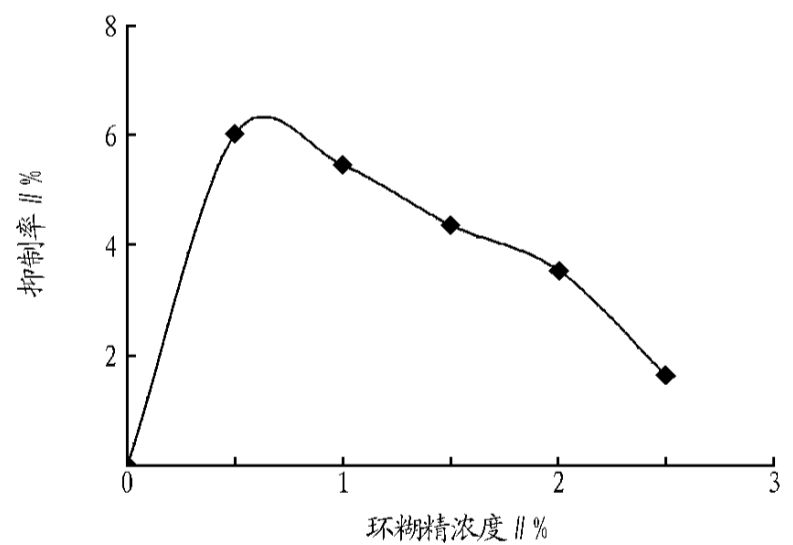


图6 环糊精影响曲线

2.1.6 环糊精对褐变的影响。图6显示,当环糊精浓度在0.50%以下时,抑制率随浓度增加呈上升趋势,但之后随着环糊精浓度的增加,变化趋势逐渐下降,并且抑制率一直很低。这说明蘑菇中致使褐变的酚类物质并不能与环糊精很好地结合,从机理上考虑,可能是酚类底物分子并不很符合环糊精笼状结构的要求,达不到好的抑制效果。

2.2 不同抑制剂复合对褐变的影响

2.2.1 抑制剂两两复合试验。从表2可见,在抑制剂复合使用时,抑制率较高,抑制效果较好,其中,抑制酶促褐变效果最好的是0.80%柠檬酸与0.10%异抗坏血酸钠的复合。这是由于柠檬酸是抗氧化、防褐变的增效剂,尽管其自身不是抗氧化剂,但它所形成的酸性环境以及络合作用使之成为防褐变配方中的重要角色。柠檬酸与强还原剂的复合经常产

生强有力的增效作用,例如它常与 V_C 、 V_E 搭配,并与异抗坏血酸钠合用显示出相乘作用,因而效果明显。

表2 两两抑制剂复合的抑制率对比 %

抑制剂	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
1 [#]	51.42	76.08	77.30	61.43	68.61	46.94
2 [#]		56.95	76.53	73.39	48.73	45.29
3 [#]			51.42	61.73	45.29	59.04
4 [#]				24.96	20.02	18.98
5 [#]					22.86	20.78
6 [#]						6.02

注:1[#] 0.80% 柠檬酸;2[#] 0.10% 苯甲酸;3[#] 0.10% 异抗坏血酸钠;
4[#] 0.80% EDIA ;5[#] 5.00% NaCl ;6[#] 0.50% 环糊精。

2.2.2 3种最佳抑制剂的正交试验。通过单因素试验以及两两复合试验得知:柠檬酸、苯甲酸、异抗坏血酸钠的抑制效果较好,进而进行正交试验(表3、4),确定三者的最佳复合。

表3 因素水平 %

水平	柠檬酸 A	苯甲酸 B	异抗坏血酸钠 C
1	0.80	0.10	0.10
2	1.80	0.20	0.40
3	2.80	0.30	0.70

表4 $L_{3 \times 3}(9)$ 正交试验设计及结果

处理	A	B	C	抑制率 %
	1	1	1	76.58
	1	2	2	77.57
	1	3	3	79.12
	2	1	2	76.02
	2	2	3	76.33
	2	3	1	78.01
	3	1	3	76.24
	3	2	1	76.98
	3	3	2	77.96
K_1	239.27	236.36	237.18	
K_2	234.84	236.88	241.09	
K_3	237.57	237.55	237.69	
k_1	39.87	39.39	39.53	
k_2	39.14	39.48	39.61	
k_3	39.59	39.59	40.18	
R	0.48	1.10	0.02	

(0.001 0),所以3因素对抑制率的影响顺序为 $B > A > C$,即对双孢菇抑制效果最好的是苯甲酸,其次是柠檬酸,再次是异抗坏血酸钠;因水平选取时要求抑制率越大越好,所以从表4可以得出 $A_1B_3C_3$ 为最佳复合,即柠檬酸0.80%、苯甲酸0.30%、异抗坏血酸钠0.70%时抑制效果最佳。

3 结论

(1) 不同抑制剂对双孢菇褐变都有一定的抑制作用,0.10% 苯甲酸效果最好,其次是0.80% 柠檬酸和0.10% 异抗坏血酸钠,而 NaCl、EDIA 和环糊精单独使用抗褐变效果不明显。

(2) 抑制剂复合使用时,都有良好的抗褐变效果。其中,效果最好的是0.80% 柠檬酸与0.1% 异抗坏血酸钠的复合。

(3) 选用3种最佳抑制剂进行3因素3水平正交试验,结果是当柠檬酸0.80%、苯甲酸0.30%、异抗坏血酸钠0.70%复合时抑制效果最佳,抑制率达79.12%。

参考文献

- [1] 陈爱葵,易广,李爱群.食用菌在提高人体免疫力方面的功效[J].中国食用菌,2004,23(3):7-8.
- [2] 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.
- [3] 吴芳英.理化检验——化学分册[M].北京:中国轻工业出版社,2002:229.
- [4] NEERU MUNIAL SHARMA,SUS HL KUMAR,SURENDER KUMAR SAWHNEY,et al. A novel method for the immobilization of tyrosinase to enhance stability mushrooms[J].Appl Biochem,2003,7(38):137-141.
- [5] 段颖,耿胜荣,韩永斌,等.蘑菇保鲜剂的筛选及其保鲜效果[J].食品与发酵工业,2004,30(5):143-146.
- [6] 罗金国,李洁,王清章.鲜切莲藕片的防褐变研究[J].食品研究与开发,2006,27(6):74-76.
- [7] CASTANER M, GL M, ARLES F. Browning susceptibility of minimally processed Baby and Romaine lettuces [J]. Eur Food Technol, 1999, 209(4):52-56.
- [8] 黄雪松,焦建,杨爱华.几种加工处理对鲜切荸荠褐变的影响[J].食品科技,2006,7(4):255-258.
- [9] 童刚平,邬应龙,陆胜民.鲜切荸荠褐变抑制剂组合的筛选[J].食品工业科技,2004,25(12):64-68.
- [10] 刘晓丹,黄璜,陈清西.苯甲酸对蘑菇酪氨酸酶抑制作用机理的研究[J].厦门大学学报,2003,42(1):102-105.
- [11] MAURICE R, MARSHALL, JEONGMOK KIM, et al. Enzymatic browning in fruits, vegetables and seafoods [J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(14):4108-4112.

由极差分析可知: $M_{SA}(1.7034) > M_{SB}(0.3754) > M_{SC}$