

文章编号: 1673 1689(2010)05-0653-07

高温蒸汽瞬时漂烫对黑牛肝菌酶活和品质影响的研究

黄俊丽, 张 慙*

(食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 研究了高温瞬时蒸汽对黑牛肝菌的过氧化物酶(POD)和多酚氧化酶(PPO)活性的影响, 并研究了 对黑牛肝菌几种重要营养成分的影响, 包括总酚、可溶性总糖、VC 以及可溶性蛋白。通过时间(s)、物料量(g)、蒸汽压力(MPa)的单因素试验, 设计正交试验, 对 POD、PPO、总酚、总糖、VC、可溶性蛋白进行综合评价分析, 得出最佳的试验条件: 高温蒸汽瞬时漂烫时间为 30 s、物料量 300 g、蒸汽压力 0.3 MPa, 综合评分值最高。高温蒸汽漂烫最优结果与最佳的热水漂烫处理进行比较, 体现了高温蒸汽漂烫的优势。

关键词: 高温蒸汽瞬时漂烫; 黑牛肝菌; 过氧化物酶; 多酚氧化酶

中图分类号: Q 55

文献标识码: A

Effects of Steam Blanching High Temperature Short Time(HT-ST) on Enzymes and Nutrients of *Boletus aereus*

HUANG Junli, ZHANG Min*

(State Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: In this manuscript, effects of steam blanching (high temperature short time, HT-ST) on enzymes and nutrients of *Boletus aereus* were studied, the most important nutrients including total phenols, soluble total sugar, ascorbic acid and soluble protein were compared with the different treat conditions, such as time, material volume and vapor pressure. Through the single factor experiment of, based on the single factor experiment result, an orthogonal test was designed. With the comprehensive evaluation and analysis of effects of enzyme inactivation and nutrients preservation, the optimum condition was determined.

Key words: steam blanching (high temperature short time, HT-ST), *Boletus aereus*, peroxidase (POD), Polyphenoloxidase (PPO)

黑牛肝菌 (*Boletus aereus*), 俗称枣铜色牛肝菌、煤色牛肝菌, 属担子菌亚门, 牛肝菌目, 牛肝菌

科, 牛肝菌属。中国常见于云南、四川、贵州、广西等地^[1]。樊建等^[2]也报道了黑牛肝菌的营养成分,

收稿日期: 2009-10-19

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BAD41B05)。

* 通信作者: 张慙(1962-), 男, 浙江平湖, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品加工的研究。Email:

min@jiangnan.edu.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

100 g 黑牛肝菌鲜品中, 含水分 90.6 g, 蛋白质 3.6 g, 脂肪 0.2 g, 碳水化合物 3.2 g, 膳食纤维 1.6 g, 硫胺素 0.07 mg, 核黄素 0.31 mg, 尼克酸 6.6 mg, 钾 29 mg, 钠 1.3 mg, 还含有丰富的钙、铁、锌、硒等其它矿质元素。

漂烫是蔬菜加工前必须的一道工序, 目的是杀灭酶和微生物, 保证蔬菜加工中质量尽可能少损失, 也可以排除组织内部的空气。漂烫是一个短时的快速的热处理过程, 常以蒸汽或热水为湿媒介, 可提供较为均一的热量和传热速率。漂烫时间的长短取决于酶钝化所需要的时间, 即传热的速率。到目前为止, 热水漂烫因工艺最简单、成本最低, 是最常用最经济的漂烫方式。然而, 由于长时间的热水漂烫, 导致营养成分的很大损失, 如碳水化合物、蛋白质、水溶性矿物质、维生素和糖类。相对而言, 虽然蒸汽漂烫不经济, 并且在漂烫时间上也没有优势, 但是可以减少固形物的损失^[3]。

这类蒸汽漂烫一般温度低于 100 °C, 且漂烫时间与热水漂烫相当, 即一般为 3~5 min, 没有任何明显的优势, 而 O. A. Ogunmoyela^[4] 利用 108.5、115.3、121 °C 的蒸汽 (对应温度的压力分别为 0.1433 MPa、0.1691 MPa、0.1985 MPa), 处理可乐果, 作用时间短。这类蒸汽漂烫为高温蒸汽瞬时漂烫 (steam blanching (high temperature - short time, HT-ST)), 是本试验中采取的漂烫方式。

因过氧化物酶 (peroxidase, POD) 是最耐热的一种酶, 且氧化一些风味成分, 降低营养价值, 以及引起其他的一些损失, 故工业中采用 POD 酶活钝化常作为蔬菜漂烫的标准^[5]。但由于完全钝化 POD 酶需要相当长的时间, 会导致营养成分的大量损失, 能量的大量消耗, 故 S. Mukherjee 等^[6] 提出钝化 90% 的 POD 酶活, 就足以保证产品的任何因酶而引起的损失, 并建议将此作为漂烫的最佳终点。

Arzu Özel 等^[7] 研究了牛肝菌纯化后的多酚氧化酶 (Polyphenoloxidase, PPO) 的一些性质: 以 4-甲基儿茶酚为底物, 最适 pH 值和温度分别是 8.0 和 20 °C。在 4 °C, pH 值为 3.0~9.0 孵化 24 h, 酶非常稳定。该酶活性受焦亚硫酸钠、抗坏血酸、叠氮化钠和苯甲酸抑制。但牛肝菌多酚氧化酶在某些有机溶剂, 如二氯甲烷、二氯乙烷、甲苯时, 以儿茶素是作为底物, 是有效的生物催化剂。同时 K. N. Matsui 等^[8] 指出多酚氧化酶 (PPO) 与因酶活引起的颜色变化、感官品质营养品质的降低有关系, PPO 因其底物可以是不同的酚类物质, 有多种

名字: 酪氨酸酶、甲酚酶、儿茶酚酶、邻-二酚氧化酶等^[8-9], 也是食用菌中常见酶。

漂烫过程中重要营养成分的损失, 多由分散和过滤引起的^[6], 但主要是在水为传热介质的条件下引起的, 同时高温也是一个重要因素。本试验中以高温蒸汽为介质, 可以很大程度减少这种损失。采用的蒸汽温度在 120~144 °C 之间, 所用时间较短, 最长时间 50 s。研究了高温蒸汽不同处理下 POD、PPO 活性变化, 对黑牛肝菌的主要营养成分, 如总酚、可溶性总糖、VC 以及可溶性蛋白的影响。通过研究, 希望得到高温蒸汽瞬时漂烫的应用优势, 为漂烫工艺提供一定的参考意见。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

黑牛肝菌: 2009 年 8 月 26 日, 采自云南食用菌研究所基地, 放冰块于包装温箱中, 当天下午空运到无锡, 晚上放于 0 °C 冰箱中保存。试验所用试剂均为分析纯。

TDL-60 台式离心机: 上海安亭科学仪器厂生产; FA1104 型电子天平: 上海天平仪器厂制造; 恒温水浴锅: 郑州长城科工贸有限公司生产; BCD-205UT 电冰箱: 青岛海尔股份有限公司生产; 721 型紫外可见分光光度计: 上海精密科学仪器有限公司产品; Φ 1 mm 铠式热电偶: 宁波奥琪自动化仪表设备有限公司产品; 温度数字记录仪: 浙江联泰仪表有限公司产品; 实验室常规玻璃仪器等。

1.2 试验方法

1.2.1 高温蒸汽瞬时漂烫装置试验中使用的高温蒸汽瞬时漂烫装置图如图 1。

1.2.2 高温蒸汽瞬时漂烫 从 0 °C 冰箱取出原料, 放置于 4 °C 冰箱恒温 4 h, 随后取出, 按时间、物料量、蒸汽压力单因素进行试验, 确定较佳条件后, 进行正交试验。每组试验重复 3 次。

1.2.3 热水漂烫 将原料放置于蒸馏水中漂烫, 时间依次为 3、4、5、6、7、8、9、10 min, 热水漂烫温度控制在 96~98 °C。每组试验重复 3 次。

1.3 检测指标及测定方法

1.3.1 酶液的提取 见参考文献[10], 并将所得酶液放置于 4 °C 冰箱中, 待测。

1.3.2 品质测定前的速冻解冻处理 将漂烫后的样品于流水下冷却, 自然晾干, 放置于 -20 °C 冰箱中冷冻处理。一个月后, 取出, 放置于 4 °C 冰箱中解冻 18 h, 用于总酚、可溶性总糖、VC 以及可溶性蛋白质的测定。

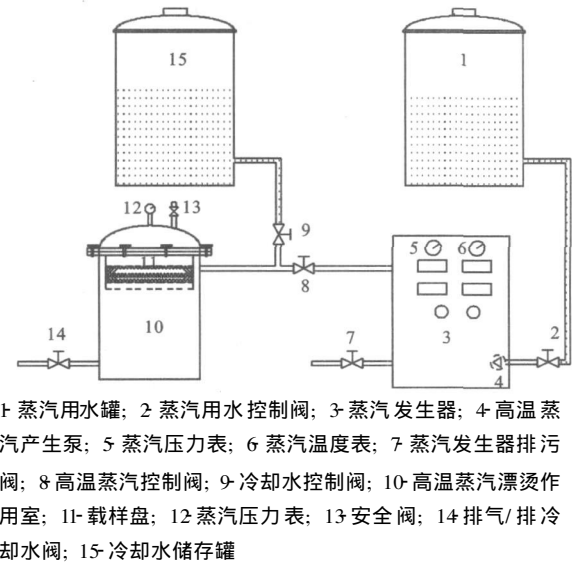


图 1 高温蒸汽瞬时漂烫实验装置

Fig. 1 Scheme of experimental device for steam blanching (high temperature short time, HTST)

1.3.3 POD 活性 测定方法参考文献^[11]。酶活性的单位 U 以每克样品每分钟 0.001 吸光度的变化来表示, 即 $1U = 1 \times 10^{-3} \text{ OD}/\text{min} \cdot \text{g}$ (OD= 光密度)。

$$\text{POD} = \frac{D}{0.001 \times F_w} \times \frac{dA}{dt} \quad (1)$$

式中: D 为稀释倍数; F_w 为样品鲜重(g)。

1.3.4 PPO 活性 测定方法参考文献^[11]。酶活性单位定义为: 在测定条件下, 酶活性的单位 U 以每克样品每分钟 0.001 吸光度的变化来表示, 即 $1U = 1 \times 10^{-3} \text{ OD}/\text{min} \cdot \text{g}$ (OD= 光密度)。

$$\text{PPO} = \frac{D}{0.001 \times F_w} \times \frac{dA}{dt} \quad (2)$$

式中: D 为稀释倍数; F_w 为样品鲜重(g)。

1.3.5 总酚含量 福林酚试剂法^[12]。

1.3.6 可溶性总糖 采用苯酚-硫酸法测定^[13]。

1.3.7 VC 测定 2, 6-二氯酚法^[14]。

1.3.8 可溶性蛋白质测定 马斯亮蓝 G-250 法^[11]。

1.3.9 综合评分法 由 10 名专家根据主观赋权法(德尔菲法)^[15], 确定 POD、PPO、可溶性蛋白质、可溶性总糖、总酚、VC 的权重系数(Weighted Average Indicator Coefficients), 标号为 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 λ_4 、 λ_5 、 λ_6 , 数值依次为 0.2、0.1、0.1、0.25、0.25、0.1。按各个指标的权重系数与各个指标试验测试值的隶属函数值: $\left[\frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}} \right]$ 乘积之和为最终的综合评分值^[16], 确定最佳试验条件。其中 POD、PPO 为其各自权重系数与 $\left[1 - \frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}} \right]$ 的乘积。

2 结果与讨论

2.1 单因素处理对 POD 活性的影响

POD 在植物细胞中以两种形式存在: 以可溶形式存在于细胞浆中; 以结合形式在细胞中或细胞器相结合而存在^[9]。通过不同的时间、物料量、蒸汽压力水平, 经高温蒸汽瞬时漂烫后, POD 活性变化如图 2。

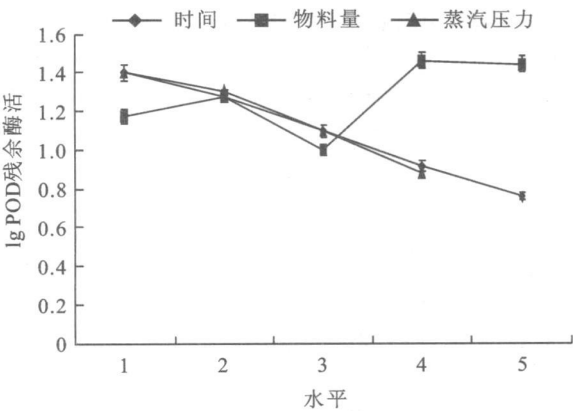


图 2 单因素处理对 POD 残余酶活力的影响

Fig. 2 Changes of POD residual activity after Single factor treatment

由图 2 可以看出, 时间水平 4(40 s)、物料量水平 3(300 g)、蒸汽压力水平 4(0.4 MPa)均可以使 POD 残余酶活降至 10% 或以下, 分别为 8.25%、10%、7.5%, 满足本试验中漂烫终点的要求。由时间处理曲线可以看出, 随着处理时间的延长, POD 残余酶活逐渐降低; 随着蒸汽压的增加, POD 残余酶活也有相似的变化趋势; 而随着所处理的物料量的增加, 残余酶活增加, 这是因为在一个固定的空间, 样品增加, 对蒸汽传热有一定的阻碍作用, 每个样品所受的蒸汽作用相对减少, 故 POD 酶活得以一定的保持。

2.2 单因素处理对 PPO 活性的影响

多酚氧化酶也有两种存在形式: 结合态的存在于线粒体、叶绿体内, 可溶性的游离在细胞浆内^[1]。通过不同的时间、物料量、蒸汽压力水平, 经高温蒸汽瞬时漂烫后, PPO 活性变化如图 3。结合图 2 分析图 3, 很容易发现同一因素的不同水平处理对 POD、PPO 的作用规律基本一致, 即 POD、PPO 受热影响的规律基本一致, 略微的差别是: 漂烫处理过程中, 时间或蒸汽压力达到一定值后, 增加时间或蒸汽压力, 对 PPO 活性的降低程度较 POD 缓和。

2.3 单因素处理对总酚的影响

据文献报道^[17-18], 牛肝菌的抗氧化性很强, 也

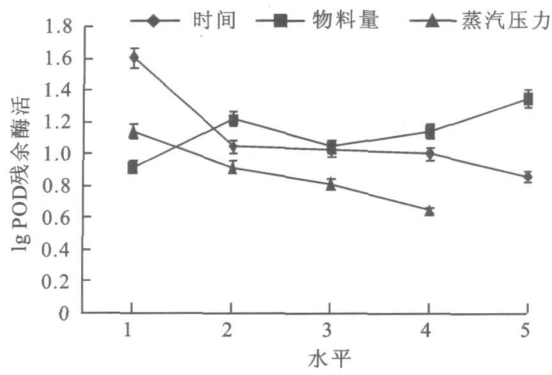


图 3 单因素处理对 PPO 残余酶活力的影响
Fig. 3 Changes of PPO residual activity after Single factor treatment

指出这与总酚、生育酚有关。目前,随着人们生活水平的提高,抗氧化性是功能食品的一个重要特点。经单因素不同水平处理,总酚含量如图 4 的变化关系曲线。图 4 的时间、蒸汽压力曲线显示,随着热累积性的增加,酚类物质含量下降。酚类物质抗氧化性很强,容易氧化,在高温作用下更易氧化变性。

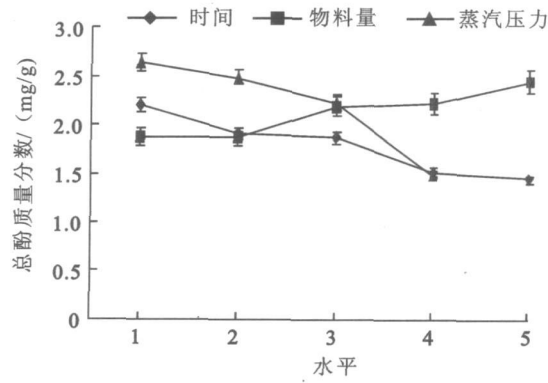


图 4 单因素处理对总酚质量分数的影响
Fig. 4 Changes of total phenols content after Single factor treatment

2 4 单因素处理对可溶性总糖质量分数的影响

近年来,食用菌中多糖的功效成分被人们广泛研究,其与食用菌的一些功效特性相关, Pirjo Mattila 等^[19]指出,抗肿瘤特性/抗癌特性对多糖有关。多糖一直是目前研究的一个热点,是食品中重要组分。本试验通过单因素漂烫处理,可溶性多糖含量的变化关系曲线,如图 5。图 5 显示,可溶性总糖随着处理时间的延长,含量逐渐降低;当蒸汽压力增加到 0.3 MPa 时,压力继续增大,对可溶性总糖含量几乎没有影响。

2 5 单因素处理对 VC 的影响

漂烫中 VC 的损失主要是由于氧化和液相浸出(沥滤),而高温则是又一个重要的影响因素。漂烫能使 VC 由于沥滤而造成很大的损失^[10]。图 6 反

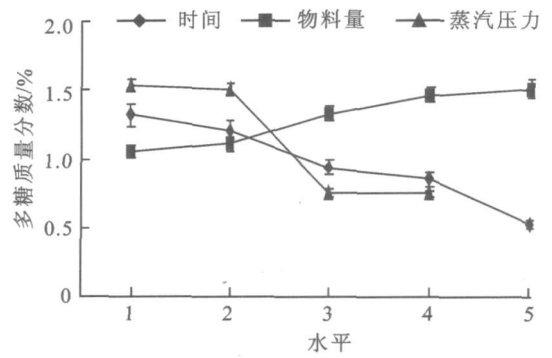


图 5 单因素处理对可溶性总糖质量分数的影响
Fig. 5 Changes of soluble total sugar content after Single factor treatment

映了 VC 在不同单因素处理水平下的变化关系曲线。漂烫处中的高温累积效应使 VC 质量分数下降,随着处理时间的延长、蒸汽压力的增大,VC 质量分数呈现下降趋势,而随着物料量的增加,VC 质量分数几近直线增加,是空间位阻很大程度上抵消了 VC 的热损失效应。

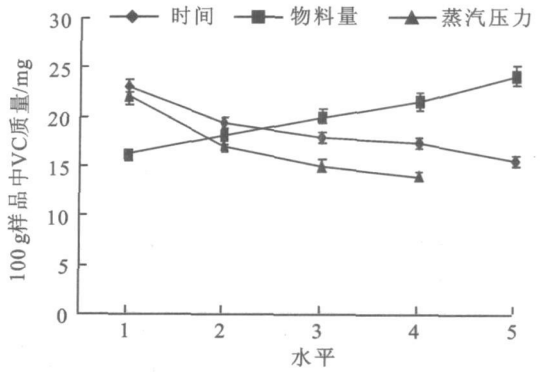


图 6 单因素处理对 VC 质量分数的影响
Fig. 6 Changes of ascorbic acid content after Single-factor treatment

2 6 单因素处理对可溶性蛋白质量分数的影响

图 7 是可溶性蛋白含量在处理下的变化曲线。由图 7 可以明显看出,蛋白含量也很大程度上受热影响:随着处理时间的延长、蒸汽压力的增大,可溶性蛋白含量呈现下降趋势,但当时间增加到 30 s 后,继续增加并不会引起可溶性蛋白含量的较大改变。而随着物料量的增加,其含量组建增加,这与样品与热蒸汽的接触面积有关。蛋白的热变性或蛋白结构的改变,均可能使可溶性的蛋白的溶解性降低,从而与考马斯亮蓝结合的减少,测得的可溶性蛋白含量降低^[20]。

2 7 正交试验结果

由以上单因素试验结果,结合现有条件,确定正交试验表的因素和水平,所测指标与单因素一致,即 POD% 残余酶活力、PPO% 残余酶活力、可溶

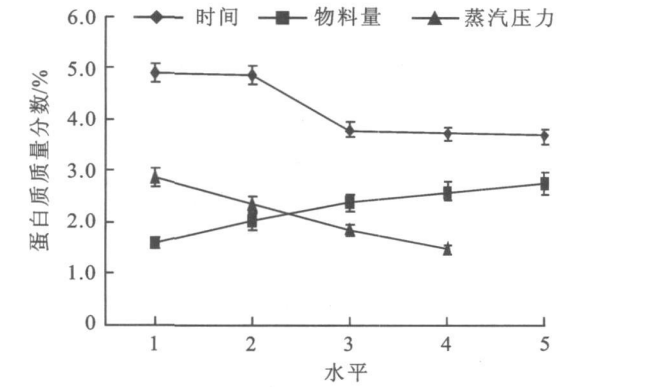


图 7 单因素处理对可溶性蛋白质量分数的影响

Fig. 7 Changes of soluble protein content after Single factor treatment

性蛋白、多糖、总酚以及 VC。由表 2 中 R 值可知: 各因素对综合评分值的影响强弱次序为 $B > C > A$, 即高温蒸汽瞬时漂烫中, 载料量影响最大, 其次为蒸汽压力, 时间影响最小。由此推出最佳的高温蒸汽瞬时漂烫条件为 $A_2B_3C_2$, 而正交试验的最佳结果为处理 6, 即 $A_2B_3C_1$, 处理时间为 30 s、载料量为 300 g、蒸汽压力为 0.2 MPa, 优方案 $A_2B_3C_2$ 与正交

表中 $A_2B_3C_1$ 的差别在处理的蒸汽压力 0.3 MPa 与 0.2 MPa 上, 需要做确证试验。

表 1 高温蒸汽瞬时漂烫正交试验 $L_9(3^4)$ 的因素和水平

Tab. 1 Factors and levels of $L_9(3^4)$ orthogonal test of steam blanching (high temperature – short time, HF ST)

水平	因 素		
	A	B	C
	漂烫时间/ s	物料质量/ g	蒸汽压力/ MPa
1	20	100	0.2
2	30	200	0.3
3	40	300	0.4

2.8 确证试验

为了进一步确定正交试验的最优条件, 进行了 $A_2B_3C_2$ 确证试验。最终的试验结果 POD% 残余酶活 8.5%, PPO% 残余酶活为 10%, 可溶性蛋白质量分数 1.963%, 可溶性多糖质量分数 1.225%, 总酚质量分数为 2.566 mg/g, 每 100 g 样品中 VC 质量为 22.947 mg, 将其结果以正交表中数值进行综合评分, 最终结果为 0.675, 与原正交试验结果的最优条件所得结果略高, 确证了正交试验结果。

表 2 高温蒸汽瞬时漂烫 $L_9(3^4)$ 正交试验结果

Tab. 2 Result of $L_9(3^4)$ orthogonal test of steam blanching (high temperature – short time , HF ST) on Preferential Value

处理号	因 素				评价指标						综合评分值
	A	B	C	D	POD 残余酶活/ %	PPO 残余酶活/ %	蛋白质量分数/ %	多糖质量分数/ %	总酚质量分数/ (mg/ g)	每 100 g 样品 VC 质量/ mg	
	时间/ s	载物量/ g	蒸汽压力/ MPa	空列							
1	1	1	1	1	10	15.56	1.53	1.77	2.19	16.26	0.502
2	1	2	2	2	12.5	6.39	1.36	1.49	2.51	13.77	0.522
3	1	3	3	3	13.75	10	0.8	1.61	2.06	15.21	0.37
4	2	1	2	3	10	9.25	0.5	0.83	2.61	20.99	0.541
5	2	2	3	1	15	9.25	0.67	0.65	1.97	18.43	0.198
6	2	3	1	2	7.5	9.25	2.93	0.96	2.42	13.80	0.660
7	3	1	3	2	9.25	11.11	3.87	0.42	3.05	20.38	0.559
8	3	2	1	3	13.75	6.39	0.37	0.33	2.11	17.54	0.217
9	3	3	2	1	7.5	11.11	1.41	0.32	2.16	17.51	0.373
k_{1j}	0.465	0.432	0.417								
k_{2j}	0.568	0.312	0.433								
k_{3j}	0.425	0.479	0.409								
R	0.047	0.256	0.069								

2 8 与热水漂烫比较试验

2 8 1 热水漂烫对 POD、PPO 酶性的影响 图 8 显示的是经热水漂烫处理后, 残余酶活的变化情况。热水漂烫 8 min 后, POD 残余 11. 46%, PPO 残余 5. 03%, 而正交试验最优结果 POD 残余酶活 8. 5%, PPO 残余酶活 10%, 而处理时间只需要 30 s, 时间上只为热水漂烫的 1/ 16, 极大缩短了处理时间。

2 8 2 热水漂烫与正交最优方案品质比较 由表 3 可以明显看出, 高温蒸汽漂烫在保持黑牛肝菌品质方面能够较大的保持其品质。通过图 8 与表 3 可以很明显看出高温蒸汽漂烫能处理时间, 并较大地保持其品质, 有很明显的优势, 为漂烫工艺提供一

定借鉴。

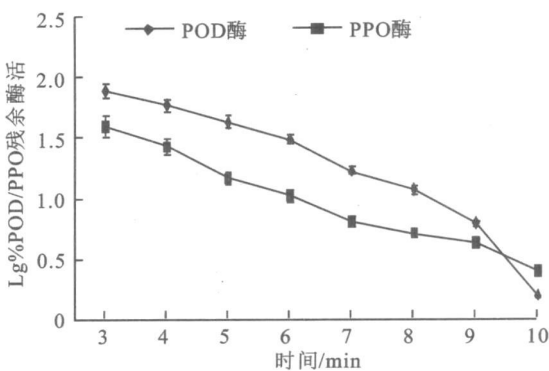


图 8 热水漂烫不同时间对 POD、PPO 酶活的影响
Fig. 8 Effect of hot water blanching time treatment on POD/ PPO residual activity

表 3 热水漂烫与由正交表得最佳处理的比较

Tab. 3 Comparison of qualities among hot water blanching and the best treatment of the orthogonal

指标/ 品质	总酚/(mg/ g)	蛋白质质量分数/ %	总糖质量分数/ %	每 100 g 样品 VC 质量/ mg
鲜样	2. 956	4. 194	1. 227	25. 526
漂烫 5 min	2. 079	1. 78	1. 025	19. 115
漂烫 8 min	1. 105	1. 276	0. 879	16. 769
高温蒸汽漂烫处理 6 号	2. 566	1. 963	1. 225	22. 947

* 注: 热水漂烫与确证试验为第二批原料。

3 结 语

本试验得出最佳的试验条件: 高温蒸汽瞬时漂烫时间为 30 s、物料量 300 g、蒸汽压力 0. 3 MPa, 综合评分值最高。并且与最佳的热 水漂烫处理进行比较, 得出高温蒸汽漂烫的优势。高温蒸汽瞬时漂

烫, 因其温度较高, 对黑牛肝菌 POD、PPO 活性的影响较大, 短时间内可以使酶活降到漂烫终点; 对重要营养成分也有较大的影响, 需要确定高温蒸汽瞬时漂烫的优劣性, 需要与其他的漂烫方式进行比较研究, 为漂烫工艺提供一定的参考意见。

参考文献(References):

[1] 樊建, 赵天瑞, 曹建新, 等. 冻结条件对黑牛肝菌 PPO 和 POD 活性的影响[J]. 中国食用菌, 2007, 26 (2): 47- 49.
FAN Jian, ZHAO Tian ru, i CAO Jian xin, et al. Effect of freezing on PPO and POD activity in boletus aereus[J]. **EDIBLE FUNGIOF CHINA**, 2007, 26 (2): 47- 49. (in Chinese)

[2] 樊建, 赵天瑞, 李永生, 等. 液氮速冻黑牛肝菌冻结规律初步研究[J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 2004. 29(5): 120- 123.
FAN Jian, ZHAO Tian rui, LiYong sheng, et al. Study on boletus aereus freezing pattern by liquid nitrogen flash freezer [J]. **Journal of Kunming University of Science and Technology**, 2004, 29(5): 120- 123. (in Chinese)

[3] S Mukherjee, P K Chattopadhyay. Whirling bed blanching of potato cubes and its effects on product quality[J]. **Journal of Food Engineering**, 2007, 6(78): 52- 60.

[4] O A Ogunmoyela. The use of steam blanching for preserving the quality of kolanuts (Cola nitida) [J]. **Food Chemistry**, 1989, 32(3): 163- 170.

[5] K M Llano, A S Haedo, L N Gerschenson, et al. Mechanical and biochemical response of kiwifruit tissue to steam blanching[J]. **Food Research International**, 2003, 36(8): 767- 775.

[6] S Mukherjee, P K Chattopadhyay. Whirling bed blanching of potato cubes and its effects on product quality[J]. **Journal of Food Engineering** 2007, 78(1): 52- 60.

- [7] ArzuÖzel, Ahmet Colak, Oktay Arslan, et al. Purification and characterisation of polyphenol oxidase from *Boletus erythropus* and investigation of its catalytic efficiency in selected organic solvents[J]. **Food Chemistry**, 2009, 2: 79– 83.
- [8] K N Matsui, L M Granado, P V de Oliveira, et al. Peroxidase and polyphenol oxidase thermal inactivation by microwaves in green coconut water simulated solutions[J]. **LWT- Food Science and Technology**, 2007, 40(5): 852– 859.
- [9] 王璋. 食品酶学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999. 254.
- [10] 许韩山, 张懋, 孙金才. 速冻毛豆漂烫工艺[J]. 食品与生物技术学报, 2009, 28(1): 38– 43.
XU Han shan, ZHANG Min, Sun Jin cai. Blanch treatment technology of vegetable before quick freezing[J]. **Journal of Food Science and Biotechnology**, 2009, 28(1): 38– 43. (in Chinese)
- [11] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学试验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006. 120– 121.
- [12] 李静, 聂继云, 李海飞, 等. Foliar 酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件[J]. 果树学报. 2008, 25(1): 126– 131.
LI Jing, NIE Ji yun, LI Hai fei, et al. On determination conditions for total polyphenols in fruits and its derived products by Foliar phenol methods[J]. **Journal of Fruit Science**, 2008, 25(1): 126– 131. (in Chinese)
- [13] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1997. 9– 10.
- [14] 黄晓钰, 刘邻渭. 食品化学综合试验[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002. 171– 174.
- [15] 余疾风. 现代食品感官分析技术[M]. 成都: 四川技术出版社, 1991. 105– 108.
- [16] 李云雁, 胡传荣. 试验设计与数据处理[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2008. 134– 136.
- [17] Shur Yao Tsai, Hui Li Tsai, Jeng Leun Mau. Antioxidant properties of *agaricus blazei*, *agrocye cylindracea*, and *boletus edulis*[J]. **LWT – Food Science and Technology**, 2007, 40(8): 1392– 1402.
- [18] Bárbara Ribeiro, Rosário Lopes, Paula B. et al. Comparative study of phytochemicals and antioxidant potential of wild edible mushroom caps and stipes[J]. **Food Chemistry**, 2008, 110(1): 47– 56.
- [19] Pirjo Mattila, Karoliina Suonpää, Vieno Piironen. Functional properties of edible mushrooms[J]. **Nutrition**, 2000, 16(7– 8): 694– 696.
- [20] U te Schweiggert, Andreas Schieber, Reinhold Carle. Reinhold Carle. Inactivation of peroxidase, polyphenoloxidase, and lipoxygenase in paprika and chili powder after immediate thermal treatment of the plant material[J]. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 2005, 6(4): 403– 411.

(责任编辑: 杨萌)