

## 微波处理对杏鲍菇品质的影响

贾焯<sup>1</sup>, 刘春雷<sup>2</sup>, 李丹<sup>2\*</sup>, 林燕秋<sup>2</sup> (1. 杭州娃哈哈集团有限公司, 浙江杭州 310018; 2. 宁德师范学院, 福建宁德 352100)

**摘要** [目的]研究微波处理后杏鲍菇品质指标的变化,为杏鲍菇的杀菌、贮藏提供参考。[方法]利用不同方法测定微波处理后杏鲍菇的失重率、总酚含量和多酚氧化酶活性,通过单因素试验和正交试验分析不同处理条件下杏鲍菇品质的变化。[结果]微波功率为280 W,微波处理时间为0.5 min,粉碎目数为60目处理条件下,杏鲍菇品质变化最小,最适宜杏鲍菇的保存。[结论]研究可为杏鲍菇生产及深加工工业提供参考。

**关键词** 杏鲍菇;品质;微波处理

**中图分类号** S646 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)23-0069-04

## Effect of Microwave Treatment on the Quality of Apricot Mushroom

JIA Ye<sup>1</sup>, LIU Chun-lei<sup>2</sup>, LI Dan<sup>2\*</sup> et al (1. Hangzhou Wahaha Group Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310018; 2. Ningde Normal University, Ningde, Fujian 352100)

**Abstract** [Objective] Through studying the changes of *Pleurotus eryngii* quality index during the microwave treatment, provided reference theory for sterilization or storage. [Method] The weightlessness rate, total phenol content and polyphenol oxidase activity were determined by different methods, and the quality changes of apricot *Pleurotus eryngii* were analyzed by single factor test and orthogonal test. [Result] When the microwave processing power was 280 W, the microwave processing time was 0.5 min, and the number of the crushed mesh was 60, the loss of pleurotus quality was minimal, and it was most suitable to preserve *Pleurotus eryngii*. [Conclusion] The study can provide reference basis for production and deep processing industry.

**Key words** *Pleurotus eryngii*; Quality; Microwave treatment

杏鲍菇是近年来开发栽培的具有药、食同源的珍稀食用菌新品种,可采用工厂化栽培,是继金针菇后第二大工厂化栽培品种,有很大的发展潜力<sup>[1]</sup>。微波处理可用于食品的杀菌消毒与灭酶,但也使食用菌的品质出现了一系列的变化。

新鲜杏鲍菇水分含量高,表面无保护结构,容易受到病虫害危害。常温下,杏鲍菇比较容易腐败及褐变,给生产和运输带来很大损失,因此采用恰当的处理方式对保持原有的产品特性就显得尤为重要<sup>[2]</sup>。查阅文献可知,微波处理技术在食用菌杀菌应用上是比较新颖的,其不但杀菌效果良好,而且可有效保持产品原有的养分及品质。

目前,采用微波杀菌技术处理食用菌的研究较少,因此采用该方法后对食用菌各种感官营养指标的影响研究并不全面,更少有进行贮藏时杏鲍菇品质变化的研究<sup>[3]</sup>。笔者通过研究不同微波处理条件对杏鲍菇个体品质的影响,探索其对菇体的抗氧化性、氧化酶活性、总酚等指标的影响,从而为杏鲍菇的杀菌、贮藏、保存提供依据。

## 1 材料与方

**1.1 材料** 优质无杂质杏鲍菇子实体,古田县金松食品有限公司提供;氢氧化钠、醋酸钠、冰醋酸、磷酸二氢钾、冰醋酸、甲醇、饱和碳酸钠,均为分析纯。主要仪器设备:T6新世纪分光光度计,普析通用仪器有限责任公司;HH-S21-6S电热恒温水浴锅,上海跃进医用光学器械厂;GX-03 150 g多功能粉碎机,浙江高鑫工贸有限公司;40、60、70、120目标标准检验筛,上虞市银河测试仪器厂;WLD2S-08微波设备,南

京三乐微波技术发展公司;离心机,四川蜀科仪器有限公司;分析天平,上海恒平科学仪器有限公司;YB-FD-18冷冻干燥干燥机,上海亿倍有限公司。

**1.2 试验工艺流程** 原料筛选→微波处理→冷冻干燥→组织磨粉→指标测定。

## 1.3 工艺操作要点

**1.3.1 原料选择。**一般选用无杂质杏鲍菇子实体洗净,沥干水分。体积较大的杏鲍菇用剪刀做适当处理,使杏鲍菇大小均等。

**1.3.2 冷冻干燥。**原料在5℃条件下持续干燥48 h,同时调整冷冻干燥机压力为300 MPa。

**1.3.3 组织磨粉。**运用组织粉碎机磨粉时,一次磨粉处理控制在5 min内,并保证2次磨粉之间留有时间间隔。

## 1.4 方法

**1.4.1 单因素试验。**通过选取微波处理频率、微波处理时间和粉碎目数3个因素进行单因素试验,各因素的选取数值如下:微波处理功率(0、119、280、462、700 W),微波处理时间(0、0.5、1.0、1.5、2.0 min),粉碎目数(0、40、60、70、120目)。

**1.4.2 正交试验设计。**采用L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>)正交试验设计,因素水平设计如表1。参照正交表分别选择3个因素:微波处理功率、微波处理时间、粉碎目数进行正交组合试验。

表1 微波处理对杏鲍菇品质影响的正交试验L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>)因素水平设计  
Table 1 Factors and levels design of orthogonal test of effect of microwave treatment on the quality of *Pleurotus eryngii*

水平 Level	因素 Factor		
	微波处理功率(A) Microwave processing power//W	微波处理时间(B) Microwave processing time//min	粉碎目数(C) Crush mesh 目
1	280	0.5	40
2	462	1.0	60
3	700	1.5	70

**基金项目** 福建省科学技术厅重点项目(2014N0007);福建省教育厅项目(JB12238);宁德师范学院校级项目(2013F23)。

**作者简介** 贾焯(1982—),男,黑龙江克山人,工程师,,硕士,从事乳制品加工、农产品加工研究。\*通讯作者,博士,从事粮食、油脂及植物蛋白工程研究。

**收稿日期** 2017-05-24

**1.4.3 主要成分测定。**杏鲍菇的微波处理以及失重率、多酚氧化酶活性和总酚含量测定均采用国标方法进行<sup>[4-6]</sup>。

没食子酸标准曲线的绘制:称取没食子酸标准品 25 mg,溶解并定容至 250 mL,得对照品标准溶液。吸取对照品溶液 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 mL 于 10 mL 容量瓶中,再加入 1 mL 福林酚显色剂,摇匀后再加入 2 mL 15% 碳酸钠溶液,定容至 10 mL,室温下反应 2 h 后,测定在波长 760 nm 处的吸光度,绘制标准曲线。

试验测出的没食子酸标准曲线如图 1 所示,由没食子酸标准曲线可得标准曲线方程: $y = 13.56x + 0.0771$  ( $R^2 = 0.9982$ )。结果表明,没食子酸在 0.01 ~ 0.06 mol/L 范围内,具有良好的线性关系。以下试验所得总酚含量数据,将依照此线性方程得出。

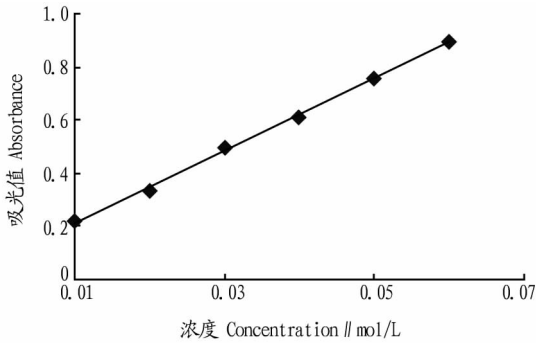


图 1 没食子酸标准曲线

Fig. 1 The standard curve of the acid-free acid

## 2 结果与分析

**2.1 不同微波处理功率对杏鲍菇品质的影响** 为了研究不同微波处理功率对杏鲍菇品质的影响,确定微波处理时间为 1 min,粉碎目数为 40 目的条件下进行试验,具体趋势如图 2、3、4 所示。

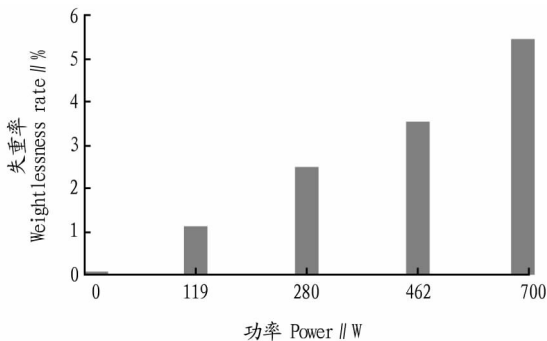


图 2 不同微波功率对杏鲍菇失重率的影响

Fig. 2 The effect of different microwave power on the weight-loss rate of *Pleurotus eryngii*

由图 2 可知,微波功率在 119 ~ 280 W 时杏鲍菇失重率缓慢增加,而在 280 ~ 700 W 时杏鲍菇失重率明显增加。食用菌失重率的增加,意味着水分丧失,菇体本身性质受到影响,因此应该选择失重率数值较低时的功率。又因为 280 ~ 462 W 的杏鲍菇增重趋势相较 119 ~ 280 W 的增重趋势平稳,因此在 280 W 时,杏鲍菇失重率增加较缓慢,失重率为最优。

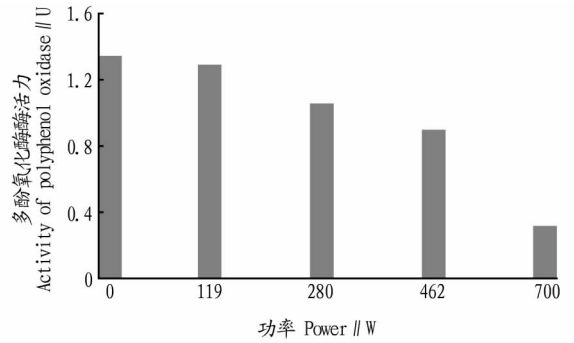


图 3 不同微波功率对杏鲍菇多酚氧化酶活性的影响

Fig. 3 The effect of different microwave power on the activity of polyphenol oxidase of *Pleurotus eryngii*

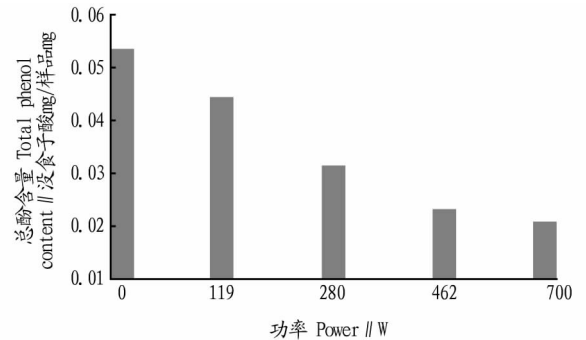


图 4 不同微波功率对杏鲍菇总酚含量的影响

Fig. 4 The effect of different microwave power on total phenol content of *Pleurotus eryngii*

由图 3 可以得出,微波功率在 462 ~ 700 W 时杏鲍菇多酚氧化酶活性变化比其他时间段下降明显。多酚氧化酶活力越高,杏鲍菇品质越好,因此应该选择酶活力值较高时的功率。又因为微波功率 280 ~ 462 W 时的杏鲍菇酶活力下降趋势相较 462 ~ 700 W 的下降趋势平稳,加之功率越高,消耗的能源越多。从节约能源与酶活力下降趋势来看,在图 3 中,处于 280 W 微波功率时,多酚氧化酶活力为最优。

由图 4 可以得出,微波功率在 119 ~ 462 W 时总酚含量在缓慢下降,但在 462 ~ 700 W,总酚含量相较其他阶段趋势平稳,也许由于当微波处理的频率达到一定程度,微波处理对杏鲍菇总酚已经达到一定的破坏作用。杏鲍菇中的总酚含量较高,表明其抗氧化能力也较为显著。由图 4 可知,在微波处理功率为 462 W 时,杏鲍菇总酚含量为最优数值。

由以上可知,随着微波功率的逐渐增大,杏鲍菇的失重率呈上升趋势,而多酚氧化酶的活性以及总酚含量都呈逐渐下降的趋势,不同微波功率处理下,杏鲍菇的品质受到显著的影响。因此,选择中低功率的微波处理有利于保持杏鲍菇的原有品质。

**2.2 不同微波处理时间对杏鲍菇品质的影响** 为了研究不同微波处理时间对杏鲍菇品质的影响,确定微波功率为 700 W、粉碎目数为 40 目的条件下进行试验,具体趋势如图 5、6、7 所示。

由图 5 可知,在 0.5 ~ 1.0 min 范围内,杏鲍菇的失重率在缓慢增加;在 1.0 ~ 1.5 min 范围内,随着微波时间的增加,

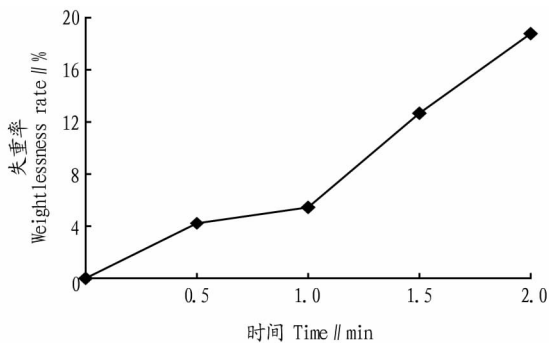


图 5 不同微波处理时间对杏鲍菇失重率的影响

Fig. 5 The effect of different microwave processing time on weightlessness rate of *Pleurotus eryngii*

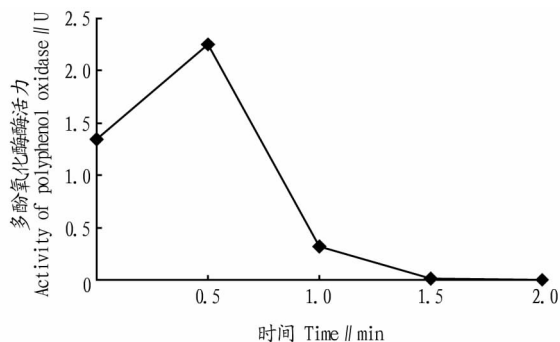


图 6 不同微波处理时间对杏鲍菇多酚氧化酶活力的影响

Fig. 6 The effect of different microwave processing time on the activity of polyphenol oxidase of *Pleurotus eryngii*

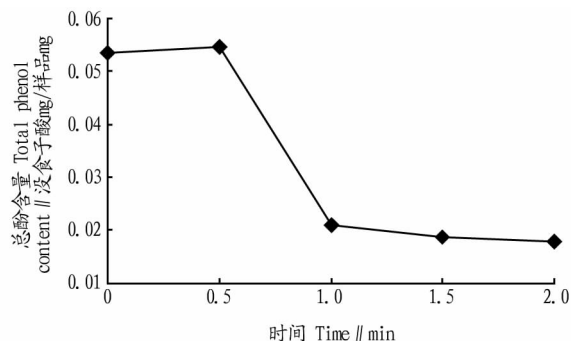


图 7 不同微波处理时间对杏鲍菇总酚含量的影响

Fig. 7 The effect of different microwave processing time on total phenol content of *Pleurotus eryngii*

杏鲍菇的失重率急剧增高。在微波处理过程中,如果食用菌因为吸收了微波的热量,会导致重量急剧下降,水分丧失过快易引起菇体收缩、变形、起皱,从而而影响口感<sup>[7]</sup>。综合考虑,当处理时间为 1.0 min 时杏鲍菇失重率为最优。

由图 6 可见,在 0~0.5 min 时,杏鲍菇酶活性呈现短暂上升趋势;在 0.5~1.5 min 范围内,杏鲍菇多酚氧化酶活性急剧下降;在 2.0 min 时,由于处理时间过长,导致多酚氧化酶活性为 0,杏鲍菇失活。杏鲍菇的颜色、风味、营养的保持,很大程度上取决于杏鲍菇的酶活性是否被抑制<sup>[8]</sup>。多酚氧化酶活力数值越高,杏鲍菇品质越好。由图 6 不难得出,在 0.5 min 时,杏鲍菇多酚氧化酶活力数值最佳。

由图 7 可见,在 0.5~1.0 min 范围内,杏鲍菇总酚含量

急剧减少;在 1.0~2.0 min 范围内,随着微波时间的增加,杏鲍菇总酚含量减少缓慢。酚类很容易在加工中氧化损失,并且与后期储藏过程中杏鲍菇的褐变有极大关系。所以总酚含量的高低是杏鲍菇品质的重要指标之一。由图 7 可知,杏鲍菇总酚含量最优时,试验的最佳条件为微波处理 1.0 min。

综上所述,随着处理时间的增加,热效应慢慢表现出来,体系在其作用下,酶被钝化。因此,微波处理的时间应该加以把握,长时间微波处理不仅无法体现微波杀菌作用,反而将食用菌本身的酶以及一些成分给抑制,甚至杀死。

由此可见,不同微波处理时间对杏鲍菇的品质也具有一定的影响。在实际运用微波处理中,应尽量采用短时微波处理,不仅能够起到微波杀菌的作用,而且对杏鲍菇品质影响相对较小。

**2.3 不同粉碎目数对杏鲍菇品质的影响** 由于过筛处理是在失重率处理之后进行,所以无法测定不同粉碎目数这一因素对杏鲍菇微波处理后失重率的影响。为了研究不同粉碎目数对杏鲍菇品质的影响,确定微波功率为 700 W、微波处理时间为 1.5 min 的条件下进行试验,具体趋势如图 8、9 所示。

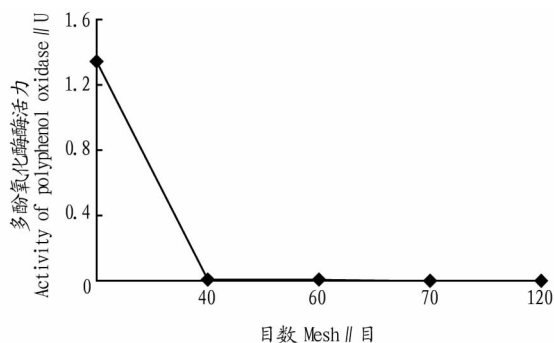


图 8 不同粉碎目数对杏鲍菇多酚氧化酶活力的影响

Fig. 8 The effect of different crush mesh on the activity of polyphenol oxidase of *Pleurotus eryngii*

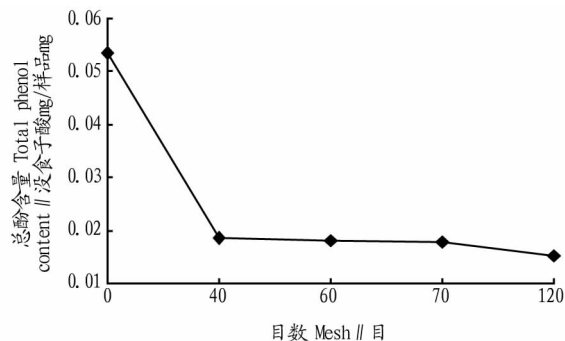


图 9 不同粉碎目数对杏鲍菇总酚含量影响

Fig. 9 The effects of different crush mesh on total phenol content of *Pleurotus eryngii*

由图 8 可以得知,在 0~40 目范围之内,杏鲍菇多酚氧化酶活力呈下降趋势。可能由于试验条件是在微波功率 700 W,时间 1.5 min,功率较高,时间较长,高功率的微波处理使得多酚氧化酶受到了热效应,杏鲍菇内的酶遇到高温逐渐失活,使得杏鲍菇各项品质指标的数值都为最低。所以在

40~120目范围内,多酚氧化酶活性都趋于0。由图8可知,在目数为0目时,多酚氧化酶活力最高。

由图9可以得知,在0~40目范围之内,杏鲍菇总酚含量急速下降;在40~120目范围内,杏鲍菇总酚含量缓慢下降。由于设定条件微波功率太高,导致杏鲍菇总酚含量也略低。由图9得出,在目数为40目时,杏鲍菇总酚含量为最优。

从图8、9可以发现,随着粉碎目数的增加,酶活性以及

总酚含量,并没有太大的变化。所以不同粉碎目数对杏鲍菇品质的影响较小。但在实际操作中也应注意粉碎目数不宜过大,避免无法测得试验数据。

**2.4 正交试验** 为确定多因素作用下,各因素对杏鲍菇微波处理后品质的影响,有必要进行正交试验。根据各自单因素试验中所得的数据,排除了较低功率119 W以及较长时间2.0 min,使得研究多因素中各因素对试验的影响更准确。正交试验结果及分析见表2。

表2 微波处理对杏鲍菇品质影响的正交试验结果

Table 2 The results of orthogonal test of effect of microwave treatment on the quality of mushroom

试验号 Test No.	因素 Factor			失重率( $Y_1$ ) Weightlessness rate//%	多酚氧化酶活性( $Y_2$ ) Activity of polyphenol oxidase//U	总酚含量( $Y_3$ ) Total phenol content 没食子酸 mg/样品 mg
	A	B	C			
1	1	1	1	1.975	1.428	0.056
2	1	3	2	2.733	0.358	0.025
3	1	2	3	2.473	0.857	0.027
4	2	2	1	3.784	0.737	0.022
5	2	1	2	2.717	1.355	0.055
6	2	3	3	9.714	0.136	0.021
7	3	3	1	13.050	0.004	0.020
8	3	2	3	5.403	0.224	0.020
9	3	1	2	4.315	2.174	0.027
$k_{(Y_1)1}$	2.394	3.002	6.270			
$k_{(Y_1)2}$	5.405	3.887	3.255			
$k_{(Y_1)3}$	7.589	8.499	5.863			
$R_{(Y_1)}$	5.195	5.497	3.015			
$k_{(Y_2)1}$	1.219	1.652	0.723			
$k_{(Y_2)2}$	0.743	0.606	0.896			
$k_{(Y_2)3}$	0.801	0.166	0.706			
$R_{(Y_2)}$	0.476	1.486	0.190			
$k_{(Y_3)1}$	0.036	0.046	0.033			
$k_{(Y_3)2}$	0.033	0.023	0.036			
$k_{(Y_3)3}$	0.022	0.022	0.023			
$R_{(Y_3)}$	0.014	0.024	0.013			

由表2可知,各因素对杏鲍菇微波处理后品质的影响的主次因素为 $B > A > C$ ,即微波处理时间 $>$ 微波处理功率 $>$ 不同粉碎目数。直观分析各水平3次指标之和得出理论较好的组合 $A_1B_1C_2$ ,即微波频率为280 W,微波处理时间为0.5 min,粉碎目数为60目。

由表2还可看出,微波处理时间以及微波处理功率对微波处理后品质具有较大影响,而不同粉碎目数对杏鲍菇品质无较大影响。由此表明,在微波功率为中低功率、微波处理时间较短时,对杏鲍菇品质影响最小。

### 3 结论与讨论

**3.1 结论** 由单因素试验可知,最优微波功率为280 W,最优处理时间为1.0 min,最优粉碎目数为40目。由正交试验可知,最大影响因素为微波处理时间,其次为微波处理功率,而粉碎目数的影响最小。经过正交试验得出,当微波功率为280 W,微波处理时间为0.5 min,粉碎目数为60目时,对处理后杏鲍菇品质影响最小,最适宜杏鲍菇的保存。

**3.2 讨论** 该研究得出,在实际运用时,应该选择中低功

率、处理时间较短的条件,才最有利于食用菌的微波杀菌,以及食用菌处理后的贮藏品质。不仅在食用菌这一领域,在其他食品微波杀菌时都应该注意避免高温长时。微波技术已经深入到人们日常生活的方方面面,怎样有效地利用微波技术,以及如何保存食品原有营养成分,还需要进一步研究。

### 参考文献

- [1] 辛志宏,马海乐,樊明涛.微波技术在食品杀菌与保鲜中的应用[J].粮油加工与食品机械,2000(4):32.
- [2] 池建伟,魏振承,徐志宏,等.微波技术在食品加工中的应用与发展[J].保鲜与加工,2003,3(1):7-9.
- [3] 李清明,谭兴和,何煜波,等.微波杀菌技术在食品工业中的应用[J].食品研究与开发,2004,25(1):11-13.
- [4] 刘雅嘉,李炜,衣杰荣.香菇多酚氧化酶酶学特性的研究[J].食品工业科技,2009,30(1):183-185.
- [5] 池建伟,张勇,魏振承.微波处理对香蕉多酚氧化酶活性的影响[J].广东农业科学,2006(11):86-88.
- [6] 姜天甲,陆仙英,蒋振晖,等.短波紫外线处理对香菇采后品质的影响[J].农业机械学报,2010,41(2):108-112.
- [7] 肖菲,李云飞,王璐怡,等.微波处理对香菇杀菌及贮藏品质的影响[J].食品工业科技,2012(13):327-331.
- [8] 杭锋,陈卫,龚广予,等.微波杀菌机理与生物学效应[J].食品工业科技,2009,30(1):333-337.