福建农业学报 28(3):278～282,2013
Fujian Journal of Agricultural Sciences
文章编号：1008－0384（2013）03－278－05

翁敏劼，孔智伟，陈君琛，等．复水与杀菌工艺对即食香菇品质的影响［J］．福建农业学报，2013，28（3）：278－282.
WENG M-J，KONG Z-W，CHEN J-C，et al. Effects of Dipping and Sterilization on Quality of Instant *Lentinus edodes*［J］. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*，2013，28（3）：278－282.

复水与杀菌工艺对即食香菇品质的影响

翁敏劼，孔智伟，陈君琛，李怡彬，赖谱富

（福建省农业科学院农产品加工研究中心，福建　福州　350003）

摘　要：为了改进即食香菇的加工技术，探讨了复水温度对即食香菇加工中干菇复水效果的影响，应用响应面法，优化了微波-沸水协同杀菌的工艺参数。结果表明，即食香菇复水工艺的最佳温度为 90℃，此时复水时间为 15 min，可减少多糖和蛋白质的损失，并能除去部分苦味；微波-沸水协同杀菌工艺的最佳工艺参数为：微波时间 103 s，微波发射功率 3.7 W・g^{-1}，沸水时间 21 min。即食香菇复水与杀菌工艺的改进，提高了产品品质和生产效率，对即食香菇生产技术的发展具有促进作用。

关键词：即食香菇；复水温度；协同杀菌；响应面法

中图分类号：TS 255　　**文献标识码**：A

Effects of Dipping and Sterilization on Quality of Instant *Lentinus edodes*

WENG Min-jie，KONG Zhi-wei，CHEN Jun-chen，LI Yi-bin，LAI Pu-fu

（*Agricultural Product Processing Research Centre*，*Fujian Academy of Agricultural Sciences*，*Fuzhou*，*Fujian*　350003，*China*）

Abstract：In order to improve processing techniques for instant *Lentinus edodes*，effects of water temperature on dipping dried *Lentinus edodes* were studied；the parameters in microwave for co-sterilization of boiling water were optimized with response surface method. The results showed that the best in texture and flavors with reduced losing in polysaccharide and protein of mushroom was obtained when dipping dried mushroom in water at 90℃ for 15 min. The optimized parameters for microwave co-sterilization of dipping mushroom were that microwave time 103 s，transmitting power 3.7 W・g^{-1} and boiling water processing 21 min. This improvement in processing techniques would enhance the quality of instant *Lentinus edodes* and to promote the development in instant mushroom production.

Key words：instant *Lentinus edodes*；dipping temperature；co-sterilization；response surface method

香菇 *Lentinus edodes* 属真菌门担子菌纲伞菌目口蘑科香菇属，又名香菌、花菇等，是一种重要的食药用栽培真菌[1]。2010 年，我国香菇产量已达到 401 万 t，目前香菇除鲜食用外，还被加工成休闲食品、调味品和功能性食品及药品等。

用香菇或其菇脚加工而成的蜜饯[2]、膨化食品[3]和饼松[4]等休闲食品，美味可口、食用方便，深受消费者青睐。而即食香菇是指干香菇经复水、卤制、干燥、真空包装、杀菌等工艺生产的香菇休闲食品。复水是即食香菇加工的重要环节，经复水的香菇，组织疏松，有利于进行卤制，但即食香菇的水分活度高，极易变质，需进行灭菌处理以延长货架期。目前，食品的杀菌工艺有巴氏杀菌[5]、沸水杀菌[6]、超高压杀菌[7]和辐照杀菌[8]等；本课题组研究了即食香菇复水工艺的关键因素——温度，以期达到缩短复水时间、保留营养成分的目的；应用响应面法，优化了微波-沸水协同杀菌的工艺参数，以期为即食香菇生产技术的改进提供科学依据。

收稿日期：2013－01－04 初稿；2013－02－25 修改稿
作者简介：翁敏劼（1984－），男，硕士，研究实习员，硕士，主要从事食品加工技术研究（E-mail：fjsxwmj@gmail.com）
通讯作者：陈君琛（1959－），男，研究员，主要从事食用菌精深加工技术研究（E-mail：junchencc@sina.com）
基金项目：农业部公益性行业（农业）专项（201303080）；福建省财政专项——福建省农业科学院科技创新团队建设项目（CXTD2011-16）

1　材料与方法

1.1　材料设备

原料与试剂：古田产干香菇；葡萄糖、苯酚、浓硫酸、牛血清白蛋白、酵母浸膏、胰蛋白胨、琼脂，以上试剂均为分析纯。考马斯亮蓝 G-250 为超高纯。

仪器设备：765P 紫外分光光度计（上海光谱仪器有限公司）；SPX-50 型培养箱（宁波江南仪器厂）；DZQ400/2D 型真空包装机（温州市新达包装机械厂）；LDZX-50KB 立式高压杀菌器（上海申安公司）。

1.2　试验方法

1.2.1　*干香菇的复水温度和时间试验*　称取外观良好、大小均一且无病虫害的干香菇置于烧杯内，加入 6 倍于干菇质量的水，将烧杯置于一定温度（30～100℃）的水浴锅内，每隔 5 min 观察干菇复水情况，浸泡至香菇吸水呈饱满状，湿基含水率达 85%为止。浸泡液备用。

1.2.2　*浸泡液中多糖的测定*　采用苯酚硫酸法[9]测定浸泡液中多糖的含量，计算每克干香菇多糖溶出的量。计算公式（1）如下：

$$X_1=\frac{C_1V}{1000M} \qquad (1)$$

式中，X_1：复水后每克香菇多糖溶出量，$mg\cdot g^{-1}$；C_1：浸泡液中多糖的浓度，$\mu g\cdot mL^{-1}$；V：浸泡液的总体积，mL；M：浸泡时所用干香菇样品的质量，g。

1.2.3　*浸泡液中蛋白的测定*　采用考马斯亮蓝 G-250 法[10]测定浸泡液中蛋白的含量。计算每克干香菇蛋白溶出的量，计算公式（2）如下：

$$X_2=\frac{C_2V}{1000M} \qquad (2)$$

式中，X_2：复水后每克香菇蛋白溶出量，$mg\cdot g^{-1}$；C_2：浸泡液中蛋白的浓度，$\mu g\cdot mL^{-1}$；V：浸泡液的总体积，mL；M：浸泡时所用干香菇样品的质量，g。

1.2.4　*微波-沸水协同杀菌试验*　对经复水、卤制、真空包装后的即食香菇、选取微波时间，微波发射功率和沸水时间，进行微波-沸水协同杀菌单因素试验，方法如下：

（1）微波时间：选定发射功率 6 $W\cdot g^{-1}$，沸水处理时间 30 min，每 30 s 取样，测定菌落总数[11]。

（2）微波发射功率：选定微波时间 90 s，沸水时间 30 min，分别按（3.6，4.5，6.0，9.0，18.0）$W\cdot g^{-1}$的发射功率处理后，测定菌落总数。

（3）沸水时间：选定发射功率 6 $W\cdot g^{-1}$，微波时间 90 s，每 10 min 取样，测定菌落总数。

（4）对照组：以未杀菌处理的即食香菇为对照，测定菌落总数。

1.2.5　*响应面法优化微波-沸水协同杀菌工艺*　在单因素试验的基础上，应用 Design-Expert 软件，进行 Box-Behnken 试验设计并试验[12]。试验数据采用响应面法进行数据分析[13]。

2　结果与分析

2.1　复水温度对干香菇复水时间的影响

由图 1 可知，复水温度越高，干菇复水时间越短；90～100℃复水时间最短，为 15 min；经品尝，当复水温度≥70℃时，可明显减少香菇的苦味。

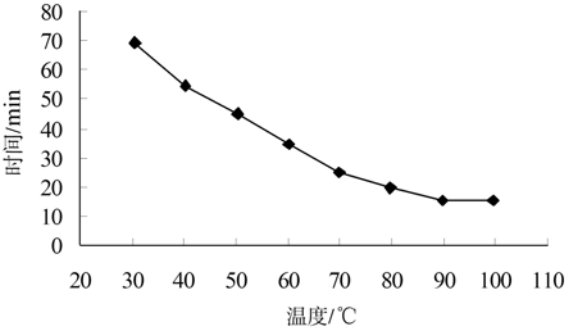

图 1　复水温度对干香菇复水时间的影响

Fig. 1　Effect of dipping temperature on dipping time for dried *Lentinus edodes*

2.2　复水温度对干香菇多糖溶出量的影响

由图 2 可知，复水温度＞70℃时，香菇多糖溶出量减少，这可能与复水时间较短有关；而当复水温度高于 90℃时，溶出量升高，这可能是高温对香菇组织结构的破坏力增强所致。复水温度为 90℃时，多糖的溶出量在 70～100℃的温度区间内达到最小值 19.9 $mg\cdot g^{-1}$。

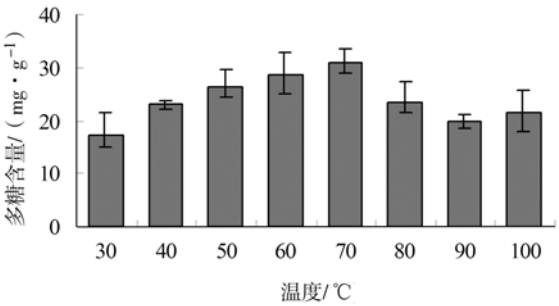

图 2　复水温度对多糖溶出量的影响

Fig. 2　Effect of dipping temperature on losing of polysaccharides from dried *Lentinus edodes*

2.3 复水温度对干香菇蛋白质溶出量的影响

由图3可知，干菇在30℃和90℃下复水，蛋白质溶出量最小，约为1.85 mg·g^{-1}。

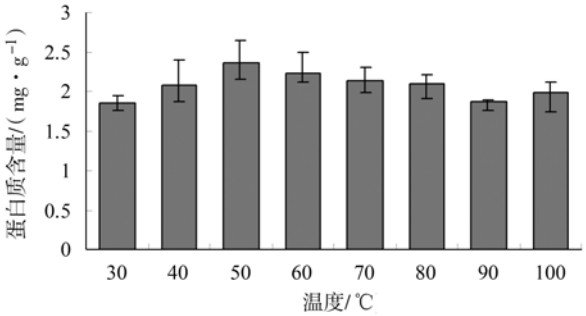

图3 复水温度对蛋白质溶出量的影响

Fig. 3 Effect of dipping temperature on losing of protein from dried *Lentinus edodes*

2.4 微波时间对微波-沸水协同杀菌效果的影响

对照组菌落总数为2·10^{4}CFU·g^{-1}。图4表明，菌落总数随微波时间的延长而显著减少，微波90 s后，低于30 CFU·g^{-1}。

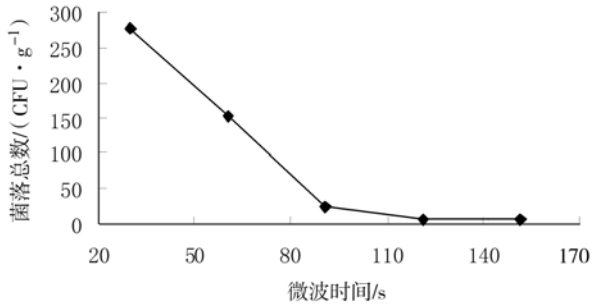

图4 微波时间对菌落总数的影响

Fig. 4 Effect of microwave time on total number of bacterial colony

2.5 微波发射功率对微波沸水协同杀菌效果的影响

由图5可知，菌落总数随发射功率增大而逐渐下降，当发射功率>6 W·g^{-1}时，下降速度趋缓。

2.6 沸水时间对微波沸水协同杀菌效果的影响

由图6可知，沸水处理前10 min菌落总数降低较快，至20 min时，菌落总数降至100 CFU·g^{-1}，此后趋于稳定。

2.7 响应面法优化微波-沸水协同杀菌工艺

2.7.1 *响应面分析* 根据Box-Behnken试验设计原理，综合单因素试验结果，以微波时间（X_1），微波发射功率（X_2），沸水时间（X_3）3个因素为自变量，以菌落总数（Y）为响应值，试验因素水平编码见表1，结果见表2。应用Design-Expert

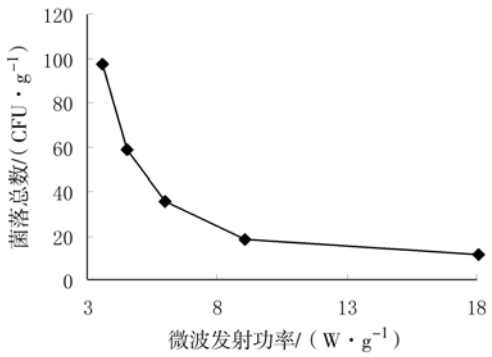

图5 微波发射功率对菌落总数的影响

Fig. 5 Effect of transmitting power in unit mass on total number of bacterial colony

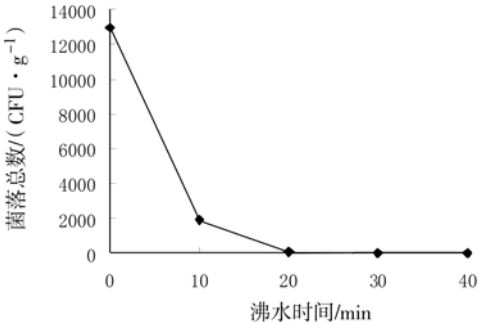

图6 沸水时间对菌落总数的影响

Fig. 6 Effect of boiling processing time on total number of bacterial colony

V8.0.6软件，对数据进行响应面分析，经二次回归拟合，求得Y对编码自变量的回归方程为：

$$Y=130.33-82X_1+29.87X_2-1052.13X_3+0.50X_1X_2+33.00X_1X_3-29.75X_2X_3+90.96X_1^2+15.71X_2^2+951.71X_3^2$$

表1 试验因素水平编码

Table 1 Coding table of factors and levels

因素	编码及水平		
	−1	0	1
微波时间/s	60	90	120
发射功率/(W·g^{-1})	3.5	4.5	5.5
沸水时间/min	10	20	30

由表3可知，模型达到极显著水平（$P<0.01$），而失拟项不显著；模型的调整确定系数R^2（Adj）=0.996 2，说明该模型能解释99.62%响应值的变化，因此该模型拟合程度良好，试验误差小，可用该模型对即食香菇微波-沸水协同杀菌进行分析和预测。影响即食香菇菌落总数的3个因素的主次顺序为：$X_3>X_1>X_2$。

表 2　响应面试验方案与结果

Table 2　Test design and results of RSM

编号	X_1	X_2	X_3	菌落总数(Y)/(CFU·g^{-1})	编号	X_1	X_2	X_3	菌落总数(Y)/(CFU·g^{-1})
1	−1	−1	0	270	9	−1	0	−1	2400
2	−1	1	0	308	10	1	0	−1	2110
3	1	−1	0	165	11	−1	0	1	170
4	1	1	0	205	12	1	0	1	12
5	0	−1	−1	2050	13	0	0	0	106
6	0	−1	1	65	14	0	0	0	160
7	0	1	−1	2190	15	0	0	0	125
8	0	1	1	86					

表 3　回归方程的方差分析结果

Table 3　ANONA(analysis of variance) of items of regression equation

方差来源	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
X_1	1	53792.00	53792.00	16.10	0.0102
X_2	1	7140.13	7140.13	2.14	0.2036
X_3	1	8856000	8856000	2651.11	< 0.0001
X_1X_2	1	1.00	1.00	0.0002994	0.9869
X_1X_3	1	4356.00	4356.00	1.30	0.3052
X_2X_3	1	3540.25	3540.25	1.06	0.3505
X_1^2	1	30548.01	30548.01	9.15	0.0293
X_2^2	1	911.08	911.08	0.27	0.6238
X_{23}	1	3344000	3344000	1001.17	< 0.0001
模型	9	12280000	1365000		< 0.0001
误差	5	16701.92	3340.38		
失拟项	3	15201.25	5067.08	6.75	0.1317
纯误差	2	1500.67	750.33		
总离差	14	12300000			
$R^2=0.9800$		$R^2(Adj)=0.9962$			

2.7.2　最优工艺条件及验证　沸水时间在整个杀菌工艺中耗时最长，故优化工艺时，使其最小化，可节省工时。经过优化，最优编码为 $X_1=0.424$，$X_2=-0.826$，$X_3=0.107$，对应工艺参数为微波时间 102.7 s，微波发射功率 3.67 W·g^{-1}，沸水时间 21.1 min，此时菌落总数为 5 CFU·g^{-1}。根据实际情况，工艺参数修正为微波时间 103 s，微波发射功率 3.7 W·g^{-1}，沸水时间 21 min，实测菌落总数为 8 CFU·g^{-1}。

3　讨论与结论

温度是即食香菇复水工艺的关键，通过比较各温度条件下复水时间、多糖和蛋白质溶出量等因素，结果表明，即食香菇复水工艺的最佳温度为 90℃，此时，复水时间为 15 min，多糖和蛋白质的溶出量少，分别为 19.9 mg·g^{-1}和 1.85 mg·g^{-1}，同时可除去部分苦味。

对于成分较为单一的食品，如食用仙人掌[14]，沸水杀菌即可达到工艺要求，且对食品品质影响小，而即食香菇营养丰富，沸水杀菌难以达到要求；高温杀菌[15]对食品的色泽、口感易于产生不利影响。本研究采用微波与沸水杀菌相结合的方案，应用响应面法，优化了其工艺参数，最佳工艺参数为：微波时间 103 s，微波发射功率 3.7 W·

g^{-1}，沸水时间21 min，杀菌效果良好。即食香菇复水与杀菌工艺的改进，提高了产品品质和生产效率，对即食香菇生产技术的发展具有促进作用。

参考文献：

[1] 苏扬，郭晓强，邬晓勇，等. 即食香菇方便食品生产工艺研究[J]. 食品科学，2008，29（11）：203－205.

[2] 陶佳喜，肖全福，陈年友，等. 食用菌香菇柄的几种深加工技术[J]. 资源开发与市场，2003，19（6）：359－360.

[3] 刘秀凤，蔡金星，徐瑞萍. 微波膨化香菇工艺优化[J]. 河北科技师范学院学报，2012，26（1）：61－64.

[4] 黄晓德，赵伯涛，钱骅. 香菇柄松加工工艺研究[J]. 中国野生植物资源，1997，31（6）：74－77.

[5] LUND M N，HOFF S，BERNER T S，et al. Effect of Pasteurization on the Protein Composition and Oxidative Stability of Beer during Storage[J]. Agriculture and Food Chemistry，2012，60（50）：12362－12370.

[6] AVENS J S，MORTON A S. Virtual Eradication of Psychrophilic and Mesophilic Bacteria on Turkey Carcass Tails by Steam and Boiling Water Immersion[J]. Applied Poultry Research，1999，8（2）：205－213.

[7] NIU Y Q，CHEN S S，GAO Y P，et al. The Properties of Ultra-High Pressure Treated Chitosan Edible Films[J]. Advanced Materials Research，2012，573－574：131－134.

[8] IRAWATI Z，SANI Y. Feeding studies of radiation sterilization ready to eat foods on sprague dawley rats：In vivo[J]. Natural Science，2012，4（2）：116－122.

[9] 陈小梅，汪秋红，陈彩玲. 响应面法优化浒苔碱溶性多糖的提取工艺[J]. 福建农业学报，2010，25（6）：745－749.

[10] BRADFORD M M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding[J]. Analytical Biochemistry，1976，72：248－254.

[11] 中华人民共和国卫生部. GB47892-2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定[S]. 北京：中国标准出版社，2010.

[12] 张佰清，林子木，朴海燕. 超声波辅助提取芝麻中芝麻素的工艺条件研究[J]. 沈阳农业大学学报，2011，42（2）：223－226.

[13] 柳杨，罗瑞明，刘晓连，等. 响应面法优化真空包装羊肉臊子微波灭菌的条件[J]. 食品研究与开发，2012，33（3）：91－94.

[14] 刘玲玲，张玉青. 软包装食用仙人掌加工工艺研究[J]. 广东农业科学，2008，（9）：91－93.

[15] 李共国，马子骏，林瑛影. 高温杀菌对水磨年糕品质的影响[J]. 食品工业科技，2002，（5）：46－47.

（责任编辑：林海清）