

# 生产灵芝功能酱油工艺参数的优化

孙祖莉<sup>1</sup>, 郭明恩<sup>2</sup>, 刘玉田<sup>1</sup>

(1.烟台大学食品与科学研究所, 山东 烟台 264005; 2.烟台大学机电学院, 山东 烟台 264005)

**摘 要:** 通过曲霉在灵芝深层发酵液中的生物反应, 对生产灵芝功能酱油的工艺进行了实验研究。采用正交实验与神经网络相结合的方法, 建立了灵芝功能酱油生产因素之间的非线性映射模型。通过优化获得最佳生产工艺条件是: 曲料加水量: 6 倍; 醪液食盐质量分数: 24%; 灵芝液加入量: 1.0 倍; 生物反应温度: 50℃。

**关键词:** 灵芝功能酱油; 正交实验; 神经网络; 参数优化

## Optimization of the Technical Parametres for Brewing Ganoderma Lucidum Functional Sauce

SUN Zu-Li<sup>1</sup>, GUO Ming-en<sup>2</sup>, LIU Yu-tian<sup>1</sup>

(1.Department of Food Science Engineering, Yantai University, Yantai 264005, China;

2.Department of Mechanical Engineering, Yantai University, Yantai 264005, China)

**Abstract:** This paper studied the technological and technical optimum conditions of sauce brewed with Ganoderma Lucidum through mildew fermentation in cultivation liquids of Ganoderma Lucidum. The data of technical parameters were obtained by using orthogonal experiments on the basis of these data. The methods of artificial neural networks were used to establish a model of technological factors in fermentation. With help of this model, it was concluded that by means of simulating and optimizing, the optimum factors were as follows: the proportion of water added to the brew 6 times as much mash salt concentration 20%; quantity of cultivating liquids of Ganoderma Lucidum 1.0 times as much and optimum fermentation temperature 50℃.

**Key words:** ganoderma lucidum functional sauce; orthogonal experiments; artificial neural networks; optimization

中图分类号: TS264.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)03-0131-03

灵芝是我国传统的名贵药材, 含多种对人体有明显作用效果的生理调节因子, 多糖类物质便是其中之一。它具有抗肿瘤、免疫调节、促进多种细胞因子合成、抗损伤、促进受损肝细胞恢复和改善某些老年性疾病等作用<sup>[1~3]</sup>。用灵芝的有效成分生产功能保健食品, 是近年来比较活跃的研究领域之一。用于酿制酱油、食醋等调味品, 其食用品质大大优于普通酱油<sup>[4]</sup>。本文在前期研究的基础上<sup>[5]</sup>, 采用具有很强非线性映射模型, 并通过优化获得了灵芝功能酱油生物抓的生产工艺优化参数值, 为大规模生产提供了依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 菌种

泰山赤芝 米曲霉 3.024。

### 1.2 培养基

灵芝液培养基: 豆粉 2.5%、玉米粉 3.0%、葡萄糖 1.0%、K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.1% MgSO<sub>4</sub> 0.1% pH5.5%; 种曲培养基: 麸皮 加水 90%; 斜面培养基: 土豆培养基; 曲料: 豆粕 70% 麸皮 30%。

### 1.3 测定与计算方法

灵芝多糖含量测定 参照文献[11]的方法; 全氮测定 微量凯氏定氮法; 蛋白质利用率计算:

$$\text{蛋白质利用率(\%)} = \frac{G \times \text{TN} \times D}{P} \times 100\%$$

式中: G—酱油实际产量;

TN—酱油的全氮含量, g/L;

D—酱油比重;

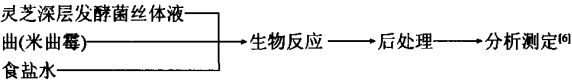
P—混合原料的全氮含量, g/L。

收稿日期: 2004-02-03

基金项目: 山东省教育厅资助课题(J98H51)

作者简介: 孙祖莉(1961-), 女, 副教授, 主要从事食品科学与生物技术方面的教学与研究。

1.4 主要工艺过程



2 正交实验设计

根据灵芝菌和米曲霉菌混合发酵生产灵芝功能酱油的工艺过程及对成品酱油质量影响的因素及重要程度,以原料中蛋白质利用率和灵芝糖的含量为考查指标,以灵芝液加入量、曲料加水量、盐度和发酵温度为考查因素。因素的水平选取及实验结果见表 1 和表 2。

表 1 因素水平表  
Table 1 The factors and levels

水平 Levels	因素 Factors			
	曲料加水量(倍) Amount of added water(multiple)	灵芝液(倍) Liquid Ganoderma Lucidum(multiple)	盐度(%) Degree of salt (%)	发酵温度(℃) Temperature (℃)
1	5	0.4	17	40
2	6	0.8	20	45
3	7	1.2	23	50

3 人工神经网络模型的建立

采用三层面面向网络<sup>[7]</sup>,见图 1。输入层 4 个神经元,隐含 12 个神经元,输出层 2 个神经元。

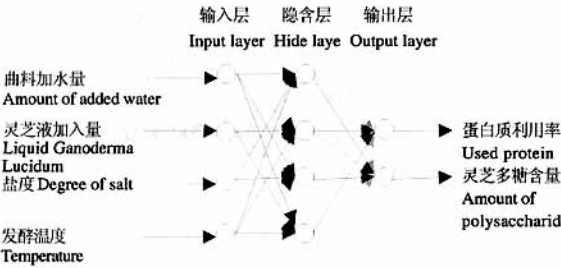


图 1 神经网络模型  
Fig.1 BP Neural networks model

9 个实验的因素水平组合及考查指标为输入样本;网络训练精度 E=0.001;学习速度采用变步长,初始取为 0.01;训练算法取 Levenberg-Marguardt;激活函数

$$f(x)=\frac{1}{1+e^{-x}}$$
。训练输出权矩阵见表 3。

4 基于模型的优化

由于本实验为两菌种混合发酵,灵芝液加入量对最

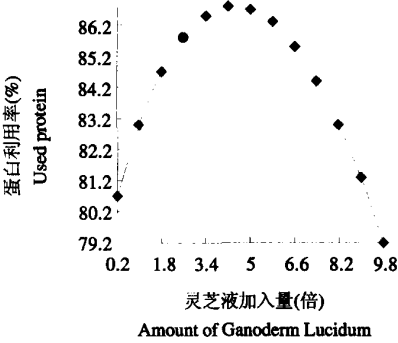


图 2 灵芝液量与蛋白质利用率的关系  
Fig.2 Relations between converted protein protein and liquid Ganoderma Lucidum

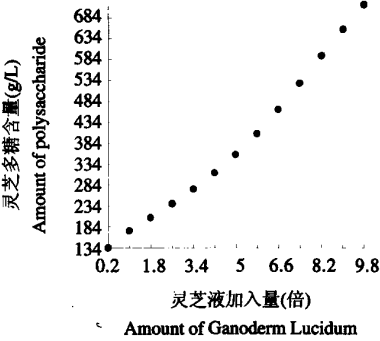


图 3 灵芝液量与多糖含量的关系  
Fig.3 Relations between amount of polysaccharide and liquid Ganoderma Lucidum

表 2 正交实验方案及结果  
Table 2 Orthogonal experiments design and results

样本号 Experiments number	加水量 (倍) Eramount of added water	灵芝液 (倍) Liquid Ganoderma Lucidum	盐度 (%) Degree of salt	发酵温度 (℃) Temperature	蛋白利用率 (%) Used protein	灵芝多糖含量 (g/L) Amount of polysaccharide	蛋白利用率仿真值 (%) Simulated value of used protein	多糖含量仿真值 (g/L) Simulated value of polysaccharide
1	5	0.4	23	45	73.72	156	72.81	159
2	6	0.4	17	40	66.54	123	66.86	125
3	7	0.4	20	50	74.84	135	75.68	143
4	5	0.8	20	40	67.78	157	68.72	152
5	6	0.8	23	50	80.12	162	81.08	151
6	7	0.8	17	45	69.41	217	69.00	211
7	5	1.2	17	50	77.48	197	78.32	202
8	6	1.2	20	45	78.77	157	77.47	164
9	7	1.2	23	40	63.25	173	63.89	177

表3 神经网络模型权值和阈值  
Table 3 Weights and threshold of neural networks

输入-隐含元 Input- hide cell	输入元 1 Input cell 1	输入元 2 Input cell 2	输入元 3 Input cell 3	输入元 4 Input cell 4	阈值 Valve
隐含元 1 Hide cell 1	-13.224	-3.258	7.763	6.349	6.026
隐含元 2 Hide cell 2	-0.663	-1.643	0.192	-1.968	-1.049
隐含元 3 Hide cell 3	-7.393	4.632	-3.680	7.003	2.436
隐含元 4 Hide cell 4	0.054	-0.674	-1.139	-4.715	0.167
隐含元 5 Hide cell 5	-1.898	-3.161	-0.517	-1.047	2.463
隐含元 6 Hide cell 6	-0.446	-0.666	1.618	-1.912	0.992
隐含元 7 Hide cell 7	-0.219	1.504	0.860	-1.603	1.271
隐含元 8 Hide cell 8	1.672	0.567	-1.810	-0.998	-0.714
隐含元 9 Hide cell 9	-0.984	0.822	-1.004	1.643	0.998
隐含元 10 Hide cell 10	2.902	1.307	-2.651	-0.418	-1.326
隐含元 11 Hide cell 11	7.859	-0.998	0.845	-0.172	-3.377
隐含元 12 Hide cell 12	-0.558	-0.927	-0.856	0.581	-1.482

输出 Output	隐含 hide												阈值 Valve
	隐元 1 Hide cell 1	隐元 2 Hide cell 2	隐元 3 Hide cell 3	隐元 4 Hide cell 4	隐元 5 Hide cell 5	隐元 6 Hide cell 6	隐元 7 Hide cell 7	隐元 8 Hide cell 8	隐元 9 Hide cell 9	隐元 10 Hide cell 10	隐元 11 Hide cell 11	隐元 12 Hide cell 12	
出元 1 Cell 1	1.407	2.095	-1.638	-1.204	-0.111	2.847	-4.646	2.781	0.343	1.243	0.542	0.158	-1.179
出元 2 Cell 2	-1.311	-3.023	0.122	-1.092	-0.006	0.202	-1.223	-1.671	0.338	-1.204	-1.613	0.235	0.248

终产品有两方面的作用：首先来自生物反应本身的作用，即两菌种间相互促进、相互抑制；其次是对功能效果及感官质量的影响，即对灵芝多糖含量和苦味物质含量的影响。经模拟优化及实验得知，灵芝液的加入量越多，产品的多糖含量越高(如图3所示)，但在多于4.2倍的情况下，发酵过程中的蛋白质转化率下降(如图2所示)，此时两菌种间的生物作用可能处在相互抑制的状态。同时，随着灵芝液加入量的增多，在1倍以下时呈正相关关系，使酱油有着明显的灵芝苦苦的清香。继续增加，呈现明显尖锐的苦，影响产品的感官质量。由专家感官评品综合考虑，确定加入量为1.0倍。在灵芝液加入量为1.0%附近，对其它三个因素进行仿真选优并经实验得<sup>[8~10]</sup>：曲料加水量6倍；盐度24%；发酵温度50℃，其蛋白质利用率和灵芝多糖含量分别为82.1%和156g/L。

参考文献：

[1] C N Lin, W P. Tom Novel cytotoxic principles of Formosan Ganoderma Lucidum Journal of natural products, 1991, 54 (4): 998-1002.  
[2] 林志彬. 灵芝多糖的免疫药理学研究及其意义[J]. 北京医

科大学学报, 1992, 24(2): 271-284.  
[3] 李荣芷. 灵芝抗衰老机理与活性成分灵芝多糖的化学与功效研究[J]. 北京医科大学学报, 1991, 23(6): 473-475.  
[4] 刘玉田, 孙祖莉. 用灵芝子实体生产酱油[J]. 中国调味品, 1999, (4): 9-12.  
[5] 刘玉田, 孙祖莉. 正交法选择灵芝功能酱油生产工艺参数[J]. 烟台大学学报, 2001, 14(4): 286-293.  
[6] 刘玉田, 孙祖莉. 酿制灵芝功能酱油的工艺研究[J]. 中国调味品, 2000, 252(2): 12-17.  
[7] 周继成, 周青山. 人工神经网络[M]. 北京: 科学普及出版社, 1993. 153-160.  
[8] Kennedy M · P · and Chua · L · Q neural networks for nonlinear programming IEE Trans · Circuits syst. CAS-35 1988, 554-564.  
[9] Massimo C · Di · Towards improved penicillin fermentation via artificial neural networks computers chem · Eng · 1994, 18(4): 273-291.  
[10] 方柏山, 陈宏文, 胡宗定. 基于神经网络遗传算法的木糖醇发酵培养基优化研究[J]. 生物工程学报, 2000, 16(5): 648-650.  
[11] 何国亮. 灵芝饮品中灵芝肽多糖含量的测定[J]. 营养学报, 1998, 20(1): 102-104.

欢迎订阅 2005 年《食品科学》杂志