

遗传算法对红景天苷缓释微囊制作参数优化的研究

赵武奇¹, 殷涌光², 仇农学¹

(1. 陕西师范大学食品工程系, 陕西 西安 710062 2. 吉林大学生物与农业工程学院, 吉林 长春 130022)

摘 要: 本文在建立适应度函数、选择编码方案、确定遗传操作、选取控制参数的基础上, 研究了缓释微囊神经网络模型的遗传算法优化。得到的最佳工艺参数为海藻酸钠与红景天苷质量比为 2, 海藻酸钠浓度为 3%, 壳聚糖浓度为 0.5%, 氯化钙浓度为 1%, pH6.35, 该工艺参数下载药量、包埋率和决定系数的加权和明显大于试验的结果, 比最好的大 14%; 且最佳工艺参数下目标的预测值和试验值基本相符, 可以满足实际需要。遗传算法用于缓释微囊神经网络模型的工艺参数寻优是可行的。

关键词: 遗传算法; 神经网络; 微胶囊; 优化

Optimization of *Salidroside* Slow Release Microcapsules Manufacturing Process Based on Genetic Algorithm

ZHAO Wu-qi¹, YIN Yong-guang², QIU Nong-xue¹

(1. Department of Food Engineering, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China

2. College of Biological and Agricultural Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: The artificial neural network (ANN) model for *Salidroside* microcapsules was optimized by using genetic algorithm (GA) in the light of establishing fitness function, selecting coding method and determining genetic parameters. The highest performance, 14% greater than the biggest in experiments, is obtained when the ratio of alginate weight to *Salidroside* weight is 2, alginate concentration 3%, chitosan concentration 0.5%, calcium chloride concentration 1% and pH value 6.35. It is a practical method to optimize the ANN model by using GA.

Key words genetic algorithm (GA); artificial neural network (ANN); microcapsules; optimization

中图分类号: R943.41

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)03-0070-03

神经网络建立的缓释微胶囊模型, 实际上是建立了工艺参数与缓释微胶囊性能之间的函数关系, 该函数具

有高度的非线性, 且含有多个自变量和因变量, 是一个有约束的多目标非线性优化问题, 在寻找这些问题的

收稿日期: 2006-03-29

作者简介: 赵武奇(1965-), 男, 副教授, 博士, 研究方向为食品加工新技术。

的番茄推迟了 20 多天。从而说明高压加工很好地抑制了番茄贮藏期间的生命活性。

3.4 高压加工番茄及其贮藏期间超弱发光特性的研究, 为揭示高压蔬菜保鲜贮藏的机理提供了一定的依据。

参考文献:

[1] GURWITSCH G. Die nature des spezifischen erregers der zellteilung[J].

Arch Mech Org, 1923, 100: 11-40.

[2] COLLI L. Further measurement on the bioluminescence of the seedling [M]. Experiment, 1955(11): 472-479.

[3] 张仲伦. 微弱发光分析技术原理及应用实例(一) [M]. 生物化学与生物物理进展, 1999, 26(4): 405-407.

[4] GB8852-88 番茄[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988.

[5] WANG Jin-ye. Sensitive of lipoxygenase-lacking soybean seeds to accelerated aging and their chemiluminescence levels[J]. Phytochemistry, 1990(12): 3739-3742.

[6] 徐树来. 高压加工蔬菜保鲜贮藏的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2003.

全局最优解时, 传统的优化方法有着局限性。

遗传算法是基于自然选择和群体遗传机理的随机优化算法, 是一种适用于复杂形态函数的全局寻优方法。在食品及医药行业中, 遗传算法在对发酵培养基优化方面的研究已取得了良好的效果^[1-2]。

已建立的红景天苷缓释微囊的神经网络模型能较为精确地拟合输入的样本数据, 其最大相对误差不超过4%, 模型准确可信^[3], 该模型的输入量为海藻酸钠与红景天苷质量比、海藻酸钠的浓度、壳聚糖浓度、氯化钙浓度、pH 值; 输出量为包埋率、载药量和决定系数。本文在该模型的基础上, 利用遗传算法对缓释微囊制作的工艺参数进行优化。

1 遗传算法优化机理

遗传算法在优化设计中的应用是基于优胜劣汰, 适者生存的自然选择机制, 由模拟生物的进化过程演化而来。其优化机理是: 从随机生成的初始群体出发, 采用优胜劣汰的选择策略, 选择优良个体作为父代; 通过父代个体的复制、交叉和变异来繁衍进化子代种群, 经过多代的进化, 种群的适应性会逐渐增强。对一个具体的优化问题来说, 优化过程结束时, 具有最大适应值的个体所对应的设计变量值便是优化问题的最优解^[4]。

2 缓释微囊遗传算法优化的设计与实现

2.1 制订编码方案

应用遗传算法求解问题时, 必须在所解问题的实际表示与遗传算法的个体染色体编码之间建立联系, 将实际问题的解表示成维排列的个体的表示形式^[5]。编码方法对于交叉算子、变异算子等遗传算子的功能和设计有很大影响, 本文采用二进制编码。用长度为8位的二进制码串分别表示神经网络模型的5个变量, 然后将这5个8位二进制码串连接在一起, 组成一个40位长的二进制编码串, 这样就构成了优化问题的染色体编码。

2.2 初始群体生成

初始群体是遗传算法搜索的出发点, 对于群体规模 N , 编码长度 l 的问题, 随机产生 $N \times l$ 位编码字符, 组成个初始个体, 构成初始群体。

2.3 确定适应值函数

遗传算法在优化搜索中不用外部信息, 仅以个体适应度函数为依据, 适应度函数反映个体的优劣性, 是选择操作的唯一依据。

神经网络模型有3个输出, 其中决定系数 S_R 反映微囊缓释性能, 包埋率 S_{ER} 反映一定的工艺参数下芯材的损失情况, 载药量 S_{DL} 反映包埋一定量的芯材所用壁材的多少, 它们对总目标的影响因子分别选择为0.5、

0.4、0.1。因此, 构成的适应度函数为 $f=0.1 \times S_{DL}+0.4 \times S_{ER}+0.5 \times S_R$, 式中载药量、包埋率及决定系数的取值区间均为 $[0, 1]$, 其中载药量是将实际取值区间 $[0, 16]$ 变为 $[0, 1]$ 。

2.4 确定选择策略

选择操作的实质是从群体中选择性能优良的个体, 淘汰性能较差的个体。其目的是把性能优良的个体直接遗传到下一代。本文选择操作采用赌盘选择机制。

首先计算每个个体的相对适应值 p_i ,

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i}$$

以此作为对应个体的复制概率 p_i , 生成 $[0, 1]$ 内的随机数 r , 若 $p_1+p_2+\dots+p_{i-1} < r \leq p_1+p_2+\dots+p_i$, 则选择第 i 个个体到下一代。

2.5 设计交叉和变异操作

交叉算子是遗传操作中起核心作用的算子, 它能提高遗传算法的搜索能力, 保持群体的多样性, 防止进化过程陷入局部优化。本文采用单点式杂交。

变异操作用来模拟生物在自然界的遗传环境中, 由于各种偶然因素引起的基因突变, 它以很小的概率随机地改变遗传基因(个体字串的某一位)的值。

本文以原始的变异概率 p_m 为基础, 按式 $p_m=1-(1-p_m)^l$ 计算出群体中个体发生变异的概率 p_m , 从 $[0, 1]$ 中产生随机数 r , 若 $r \leq p_m$, 则对该个体进行变异, 否则该个体不发生变异; 若变异, 从区间 $[0, 1]$ 中产生一个或多个随机整数为变异点, 把变异个体上变异点所对应的字符串由1变为0, 或从0变为1。

2.6 控制参数的选取

遗传算法中需要选择的运行参数主要有群体规模 N 、交叉概率 p_c 、变异概率 p_m 。这些参数对遗传算法的性能影响较大, 本文 N 的取值范围为100, 交叉概率 p_c 取为0.9。变异概率 p_m 选取为0.001。

2.7 算法停止准则

遗传算法是一种反复迭代的搜索方法, 它通过多次进化逐渐逼近最优解而不是恰好等于最优解, 因此需要确定终止条件。本文采用最大进化代数 k 与最优个体适应值连续保持不变的最大遗传代数 G_D 相结合的准则。另外由于最好的染色体不一定出现在最后一代中, 所以在进化过程中必须把最好的染色体保存下来, 这个染色体即为优化问题的解。本文中 k 取600, G_D 取10, 经过试验, 所取的参数可满足问题要求的精度。

2.8 遗传算法对缓释微囊制作参数优化的具体实现步骤

2.8.1 设定群体规模、杂交概率、变异概率、终止进化准则, 置 $k=0$ 。随机生成初始群体(二进制字符串)。

2.8.2 进行 ANN 仿真, 得到网络输出, 计算其适应度^[6]。

2.8.3 计算个体的复制概率, 选择个体, 并保留最佳个体, 形成新群体 $Y'(k+1)$ 。

2.8.4 在新群体 $Y'(k+1)$ 中, 进行一点交叉, 形成新群体 $Y''(k+1)$ 。

2.8.5 在新群体 $Y''(k+1)$ 中依次选取个体 $Y_i''(k+1)$, 进行简单变异, 形成新一代 $Y(k+1)$ 。

2.8.6 如果 $Y(k+1)$ 满足进化停止准则, 解码计算输出最优解 $X(k+1)$, 否则, $k=k+1$ 转第(2)步。

2.8.7 绘制历代适应度变化曲线, 输出最佳工艺参数。

3 遗传算法寻优结果

MATLAB 软件包是近年来推出的大量用于工程与数值计算的优秀软件, 具有快速的矩阵运算能力, 其主包和工具箱有很多函数, 其中包扩神经网络工具箱, 用其编程能极大地减少用户的工作量。本文以 MATLAB 6.0 版本为基础, 按 2.8 中遗传算法对缓释微囊制作参数优化的具体实现步骤进行 MATLAB 语言程序设计。

图 1 是其寻优的历代适应度变化曲线。图中虚线表示历代中最大适应度的变化曲线, 实线表示每代中最大适应度的变化曲线, 点线表示每代中适应度平均值的变化曲线。得到的最大的适应度为 0.87, 优化的结果明显大于单因素试验和二次组合试验的结果, 数据见参考文献[3], 比最好的大 14%。对应的最佳的工艺参数为海藻酸钠与红景天苷质量比为 2, 海藻酸钠的浓度为 3%, 壳聚糖浓度为 0.5%, 氯化钙浓度为 1%, pH6.35, 该工艺参数下载药量、包埋率和决定系数的预测值和试验值基本相符, 见表 1, 可以满足实际需要, 遗传算法用于缓释微囊神经网络模型的工艺参数寻优是完全可行的。

4 结 论

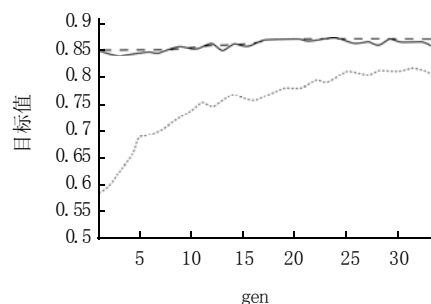


图 1 历代适应度变化曲线

Fig.1 Effects of target value and generations

表 1 遗传算法的优化结果

Table 1 Optimization results using genetic algorithms

	载药量 (%)	包埋率 (%)	决定系数
预测值	$0.71 \times 16^*$	86	0.91
试验值	10.5	85	0.92

注: *0.71 为载药量的模型输出值, 其与 16 相乘变为实际值。

在建立适应度函数、选择编码方案、确定遗传操作及选取控制参数的基础上, 研究了缓释微囊神经网络模型的遗传算法优化, 得到了最佳的工艺参数。遗传算法用于缓释微囊神经网络模型的工艺参数寻优是可行的。

参考文献:

- [1] 赵丽丽, 陈宁, 熊明勇, 等. 利用神经网络对 L-缬氨酸发酵建模[J]. 无锡轻工业大学学报, 2003, 22(2): 44-47.
- [2] 陈宁, 熊明勇, 赵丽丽, 等. L-缬氨酸生产菌的选育及基于遗传算法的发酵培养基优化[J]. 天津轻工业学院学报, 2002, 43(4): 19-38.
- [3] 赵武奇. 红景天苷缓释微囊技术及其优化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [4] 李敏强, 寇纪淦, 林丹, 等. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 26-50.
- [5] 刘明周, 吴俊峰, 郭嘉, 等. 基于遗传算法的机械产品多参数选配方法[J]. 农业机械学报, 2006, 37(1): 124-127.
- [6] CHEN C R, RAMASWAMY H S. Modeling and optimization of constant retort temperature thermal processing using coupled neural networks and genetic algorithms[J]. Journal of Food Process Engineering, 2002, 25: 351-379.



“一品”获得“全国优秀龙头食品企业”的荣誉称号

近日, 由中国食品工业协会宣布, 珠海市一品生物科技有限公司获得“全国食品工业优秀龙头食品企业”的荣誉称号。据了解, “一品”之所以获得此荣誉称号, 与“一品”系列产品的质量安全与科技创新有着密切关系。

“一品”人始终坚持“一品为人类健康而努力”的经营理念, 把产品质量安全作为市场的立足点, 在此基础上不断对产品进行科技创新, 遵循人性化的设计理念, 在追求高科技含量的同时, 最大限度地迎合不同消费群体的口味, 得到消费者及业内人士的高度赞同。