

文章编号: 1009-038X(2000)06-0591-03

木糖醇发酵液脱色过程的模拟

谢晓兰¹, 曾明荣², 陈宏文², 方柏山²

(1. 泉州高等师范专科学校化学系, 福建泉州 362000; 2. 华侨大学化工学院, 福建泉州 362011)

摘 要: 运用人工神经网络模拟木糖醇发酵液的脱色过程. 借助均匀设计法确定人工神经网络的隐层神经元数、学习速度、动量因子, 构建一个能很好地用于预测、优化木糖醇发酵液脱色过程的三层 5-6-2 的网络模型.

关键词: 木糖醇发酵液; 脱色; 人工神经网络; 均匀设计

中图分类号: Q939.97

文献标识码: A

Stimulation for Discoloring Process of Xylitol Fermentation Broth

XIE Xiao-lan¹, ZENG Ming-rong², CHEN Hong-wen², FANG Bai-shan²

(1. Department of Chemistry, Quanzhou Normal College, Quanzhou 362000; 2. School of Chemical Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362011)

Abstract: The discoloring process of xylitol fermentation broth was simulated by artificial neural networks (ANNS). The numbers of hidden units, learning rate and momentum factor on the neural networks training were surveyed by means of uniform design. Based on the training result, the three-layer network model with 5-6-2 was constructed, which is accurate enough to simulate the discoloring process.

Key words: xylitol fermentation broth; discoloring process; artificial neural networks; uniform design

木糖醇发酵液呈棕黄色, 如不脱色, 会大大降低产品的回收率及纯度. 本研究采用颗粒活性炭作为脱色剂, 用单因素法考察不同工艺条件下的脱色效果及木糖醇回收率. 目前, 模拟脱色过程中, 关联工艺条件与脱色率及木糖醇回收率的关系式主要采用的是数理统计法, 该法计算工作量大, 非线性程度低. 为了克服这些缺点, 本研究应用人工神经网络模拟脱色过程, 构建一个以已知工艺条件预测脱色效果及木糖醇回收率的网络模型, 为实现脱色效果预测及过程优化提供一种新方法.

1 实验部分

1.1 主要仪器、材料及方法

1.1.1 主要仪器 电热恒温水浴锅, JHS-1 型电子恒速搅拌机, 722 光栅分光光度计.

1.1.2 材料 木糖醇发酵液^[1], 20~40 目颗粒活性炭.

1.1.3 方法 分批恒温恒速搅拌脱色, 木糖醇浓度及色素浓度测定方法参见文献[1].

1.2 实验过程及结果

用单因素法考察发酵液的 pH、活性炭用量、脱

收稿日期: 2000-01-20; 修订日期: 2000-08-30.

作者简介: 谢晓兰(1974-), 女, 福建寿安人, 工学硕士, 助教.

色时间和温度、搅拌转速 5 个因素对木糖醇发酵液 的脱色效果及木糖醇回收率的影响, 结果见表 1.

表 1 木糖醇发酵液的脱色工艺条件及结果

Tab. 1 The conditions and results of discoloring for xylitol fermentation broth							
序 号	脱色实验工艺条件					实验结果	
	pH	活性炭用量/(g/ dL)	温度/℃	搅拌转速/(r/ min)	脱色时间/ min	脱色率/ %	木糖醇回收率/ %
1	5. 26	1. 00	25. 0	100	60. 0	26. 1	89. 1
2	5. 26	2. 50	25. 0	100	60. 0	39. 6	92. 4
3	5. 26	5. 00	25. 0	100	60. 0	58. 2	84. 8
4	5. 26	10. 0	25. 0	100	60. 0	75. 9	77. 7
5	5. 26	15. 0	25. 0	100	60. 0	88. 0	65. 0
6	5. 26	20. 0	25. 0	100	60. 0	93. 1	57. 1
7	5. 26	25. 0	25. 0	100	60. 0	94. 2	55. 3
8	5. 26	30. 0	25. 0	100	60. 0	95. 1	52. 2
9	5. 26	35. 0	25. 0	100	60. 0	93. 4	47. 6
10	5. 26	40. 0	25. 0	100	60. 0	92. 7	46. 5
11	2. 00	25. 0	25. 0	100	60. 0	97. 9	58. 7
12	4. 00	25. 0	25. 0	100	60. 0	97. 8	52. 4
13	6. 00	25. 0	25. 0	100	60. 0	97. 4	53. 4
14	8. 00	25. 0	25. 0	100	60. 0	95. 6	37. 4
15	10. 00	25. 0	25. 0	100	60. 0	93. 0	49. 6
16	6. 00	25. 0	22. 0	100	60. 0	90. 1	55. 3
17	6. 00	25. 0	35. 0	100	60. 0	91. 1	63. 5
18	6. 00	25. 0	45. 0	100	60. 0	93. 0	64. 4
19	6. 00	25. 0	55. 0	100	60. 0	92. 7	72. 5
20	6. 00	25. 0	65. 0	100	60. 0	91. 4	81. 0
21	6. 00	25. 0	45. 0	50. 0	60. 0	95. 8	62. 4
22	6. 00	25. 0	45. 0	100	60. 0	96. 0	63. 5
23	6. 00	25. 0	45. 0	150	60. 0	94. 3	70. 6
24	6. 00	25. 0	45. 0	200	60. 0	93. 2	71. 1
25	6. 00	25. 0	45. 0	300	60. 0	92. 3	63. 9
26	6. 00	25. 0	45. 0	100	20. 0	89. 3	78. 6
27	6. 00	25. 0	45. 0	100	40. 0	91. 0	77. 7
28	6. 00	25. 0	45. 0	100	60. 0	95. 0	72. 4
29	6. 00	25. 0	45. 0	100	80. 0	95. 8	79. 6
30	6. 00	25. 0	45. 0	100	100	92. 2	81. 0
31	6. 00	25. 0	45. 0	100	120	88. 6	82. 9

表 2 神经网络训练的均匀设计及训练结果

2 脱色过程模拟

Tab. 2 The uniform design for training of the neural network and the training results

2.1 网络模型的构造及训练

从上述 31 组实验数据随机取 25 组作为学习样本, 以 5 个工艺条件因素为输入变量, 以脱色率及木糖醇的回收率为输出变量, 取 Sigmoid 函数和 BP 法用于网络训练. 采用均匀设计^[2, 3] 确定隐层神经元数、学习速度、动量因子, 结果见表 2.

表 2 显示, 方案 7 陷入局部极值; 方案 2 具有较好的效果, 但进一步训练, 发现模拟过程波动大, 难达稳定状态; 方案 4 可望得到好的效果, 在此基础上, 取 δ 分别为 0. 4、0. 6、0. 9 (其它不变), 训练

序号	n	η	δ	N	平均相对误差/ %	相对误差变化率/ %
1	3	0. 3	0. 6	20 000	5. 00	$1. 66\times 10^{-4}$
2	4	0. 5	0. 9	20 000	4. 81	- 6. 04
3	5	0. 7	0. 4	20 000	5. 32	$1. 05\times 10^{-3}$
4	6	0. 2	0. 8	20 000	4. 51	$4. 73\times 10^{-4}$
5	7	0. 4	0. 2	20 000	5. 58	$3. 58\times 10^{-4}$
6	8	0. 6	0. 7	20 000	4. 61	$4. 14\times 10^{-4}$
7	9	0. 8	1. 0	1 007	43. 4	0. 00

注: 其中 n 代表隐层神经元数, η 代表学习速度, δ 为动量因子, N 代表训练次数.

20 000次,发现 $\delta=0.9$ 时,具有更好的效果,故确定模拟模型为 $\eta=0.2, \delta=0.9$ 的三层 5-6-2 的网络模型.用该训练结果于脱色过程模拟,所得结果见图 1~2.

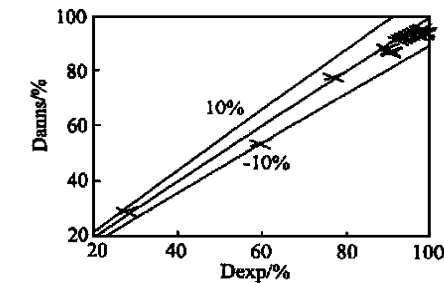


图 1 脱色率网络计算值与实验值的比较

Fig. 1 Comparison between data calculated by network and the experimental data for discoloring rate

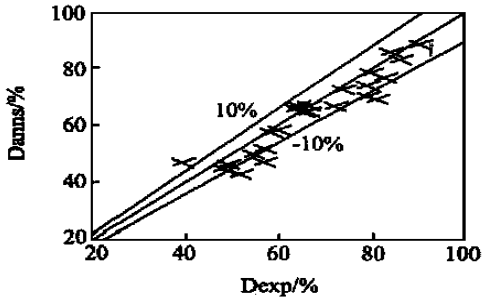


图 2 木糖醇回收率网络计算值与实验值的比较

Fig. 2 Comparison between data calculated by network and the experimental data for xylitol recovery rate

图 1~2 显示,除了数值较小的个别点,其计算值与实验值的相对误差大于 10%外,其余的相对误差均在 10%的范围内.

2.2 过程预测检验

为了检验所建立的神经网络的预测能力,取上述6组不参与训练的实验数据为样本进行模拟预

测,所得结果与实验值的吻合程度见图 3~4.

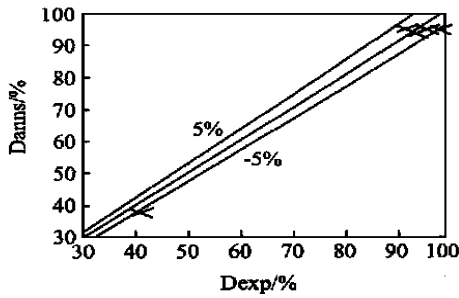


图 3 脱色率网络预测值与实验值的比较

Fig. 3 Comparison between network prediction and experimental data for discoloring rate

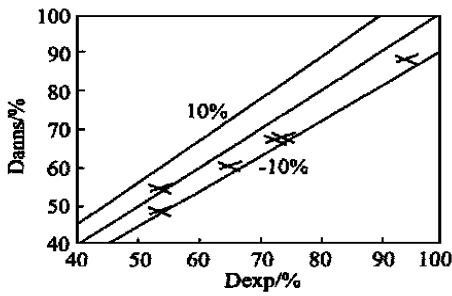


图 4 木糖醇回收率网络预测值与实验值的比较

Fig. 4 Comparison between network prediction and experimental data for xylitol recovery rate

由图 3~4 可见,所构建的网络模型具有很强的可靠性.

3 结 论

运用人工神经网络能够很好地模拟木糖醇发酵液的脱色过程.用此模型可方便、快捷地预测脱色效果及木糖醇回收率,可大大减轻繁琐的实验工作量及计算量,为脱色状态的预测和优化提供一条新的途径.

参考文献

[1] 谢晓兰. 发酵法生产木糖醇的工艺研究[D]. 泉州: 华侨大学, 1999.
[2] 方开泰. 数理统计与管理[J]. 1994 13(1): 57~63.
[3] 方柏山, SIRISANSANEEYAKUL S, 胡宗定. 木糖醇发酵状态估算、过程预测值与优化[J]. 生物工程学报, 1998 14(1): 81~86.

(责任编辑: 李春丽)