

# 茶叶理条工艺的人工神经网络优化

## Optimization on tea carding technology by artificial neural network

王小勇<sup>1,2</sup> 李兵<sup>1,2</sup> 曾晨<sup>1,2</sup> 李尚庆<sup>2,3</sup> 吴先坤<sup>1,2</sup>

WANG Xiao-yong<sup>1,2</sup> LI Bing<sup>1,2</sup> ZENG Chen<sup>1,2</sup> LI Shang-qing<sup>2,3</sup> WU Xian-kun<sup>1,2</sup>

(1. 安徽农业大学工学院, 安徽 合肥 230031; 2. 安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室, 安徽 合肥 230031; 3. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 安徽 合肥 230031)

(1. *Engineering College, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230031, China*; 2. *State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230031, China*; 3. *Tea and Food Science and Technology College, Hefei, Anhui 230031, China*)

**摘要:**以六安绿茶为原料,研究理条温度、理条时间和投叶量对理条工艺的影响。在单因素试验的基础上,采用正交试验对理条工艺条件进行选择优化,得出最佳工艺组合为:理条温度 90 °C,理条时间 5 min,投叶量 1.0 kg;再对正交试验的结果进行多元一次回归和多元二次回归,建立人工神经网络模型。人工神经网络程序优化结果为:理条温度 93 °C,理条时间 5 min,投叶量 1.0 kg,优于正交试验的最佳工艺组合。

**关键词:**茶叶;理条;人工神经网络

**Abstract:** The influences were studied, from tea carding temperature, tea carding time and the amount of leaves on the processing, taking Lu'an green tea as material. Based on the single factor experiment, the optimum parameters were selected. The optimum parameters were as followed: carding temperature 90 °C, carding time 5 min, and the amount of leaves 1.0 kg. Experimental data were subjected to multivariate first-order regression and multivariate quadratic regression, and two regressing equations were obtained. A neural network model based on the orthogonal experiment data was established to obtain the optimum parameters, final result for temperature at 93 °C, tea carding time is 5 minutes, the amount of leaves is 1.0 kg, and the experimental result based on the parameters from the artificial neural network is better than that based on orthogonal experiment.

**Keywords:** tea; carding; artificial neural network

茶叶的清洁机械化生产对实现茶叶行业的优质高效发展起着至关重要的作用,而理条工序作为茶叶加工的关键步

骤,对茶叶的成型和品质有着重要的意义。在实际的茶叶理条过程中,理条工艺参数选择不当,会导致茶叶品质低下<sup>[1-2]</sup>。司清辉等<sup>[3]</sup>通过对工艺流程及其机械组合的筛选对比试验,及对工艺参数进行正交试验与统计分析,得出针形名优绿茶用多功能机做形的最佳工艺参数为:投叶量 125 g/槽,茶坯含水量 40%,锅温 90 °C,做形时间 6 min,加轻压 3 次,每次 1 min 左右;钟映富等<sup>[4]</sup>对 6CLZ-60D 型振动理条机制作针形茶工艺流程进行研究,采用变温理条方式,先高(95~85 °C),后低(55~50 °C),再高(80~75 °C),理条后茶叶的效果最好;余志等<sup>[5]</sup>在对做形的关键参数进行单因子试验的基础上进行正交试验,探讨了做形工艺的最佳组合,得出当理条机转速为 184~192 r/min。以上方法在探讨最佳工艺参数过程中,没有对正交试验的数据进行进一步的分析处理,不能从根本上解决理条工艺的参数选择问题。

人工神经网络是通过计算机将试验所得的数据进行整理,通过一定的训练,找到工艺过程的最优参数。本研究拟在对理条的关键参数实行单因素试验的基础上,进一步对理条工艺的 3 个因素进行正交试验,并采用人工神经网络以及多元回归,建立影响茶叶理条工序的 3 个主要工艺参数与最终审评得分的统计关系式,为茶叶理条工艺参数的确定提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与设备

鲜叶原料:以对夹二叶或者三叶为主,采自安徽省六安市大别山地区谷雨后;

滚筒杀青机:6CST-50 型,浙江上洋茶叶机械公司;

揉捻机:6CRZ-40 型,浙江上洋茶叶机械公司;

茶叶理条机:6CLZ-60 型,浙江上洋茶叶机械公司;

基金项目:农业部茶叶机械产业体系项目(编号:11008702)

作者简介:王小勇(1992-),男,安徽农业大学在读硕士研究生。

E-mail:763100184@qq.com

通讯作者:李兵

收稿日期:2015-07-11

八角滚筒炒干机:6CCT-100型,浙江白洋农业机械有限公司。

## 1.2 试验方法

鲜叶采回后按照名优绿茶清洁化加工要求进行摊青0.5 h,采用6CST-50型滚筒杀青机杀青1.5 min,6CRZ-40型揉捻机揉捻(空揉3 min—轻压3 min—松压2 min—轻压2 min—松压4 min)后备用。将杀青揉捻后的茶叶混合均匀置于理条机上,待理条工序结束后测量各自的碎茶率与成条率,后将理条后的茶叶进行烘干,再进行感官审评。分别以理条温度、理条时间、投叶量为试验因素,进行单因素试验。

(1) 固定理条温度为90℃,理条时间为10 min,选取投叶量为1.0,1.5,2.0,2.5 kg,研究投叶量对理条特性的影响,每个水平重复试验3次,取平均值;

(2) 固定理条温度为90℃,投叶量为1.5 kg,选取理条时间为5,10,15,20 min,研究理条时间对理条特性的影响,每个水平重复试验3次,取平均值;

(3) 固定理条时间为10 min,投叶量为1.5 kg,选取理条温度为80,90,100,110℃,研究理条温度对理条特性的影响,每个水平重复试验3次,取平均值。

在单因素试验的基础上,以成条率和审评得分作为评价的指标,选择对碎茶率和成条率影响较大的因素进行正交优化试验。

## 1.3 测定方法

(1) 碎茶率:理条后的茶叶经过静态烘干后,采用四分法进行分样,后取充分均匀的试样200 g,用转速200 r/min,回旋幅度50 mm的电动筛分机进行筛分,取筛下物进行称量,即为碎茶含量,并重复试验10次取平均值,碎茶率按式(1)计算:

$$SC = \frac{M_1}{M} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

SC——碎茶率,%;

$M_1$ ——筛下碎茶的质量,g;

$M$ ——试样的质量,g。

(2) 成条率:按DB34/T 1134—2010执行。

(3) 感官审评:按SB/T 10157—93及NY/T 781—2004执行。

## 1.4 数据处理

运用Matlab软件对理条工艺正交试验所得结果进行回归分析,建立人工神经网络优化模型<sup>[6]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同因素对理条特性的影响

由图1可知:在投叶量由1.0 kg升至2.0 kg过程中,碎茶率呈显著下降趋势(10.9%~9.3%),在2.0 kg到2.5 kg过程中,碎茶率变化不明显;而成条率则呈先上升后下降的趋势,投叶量在1.5 kg时,成条率最大达到90.7%。这是因为投叶量过多时,由于茶叶内部的水分无法散失,在高温高湿

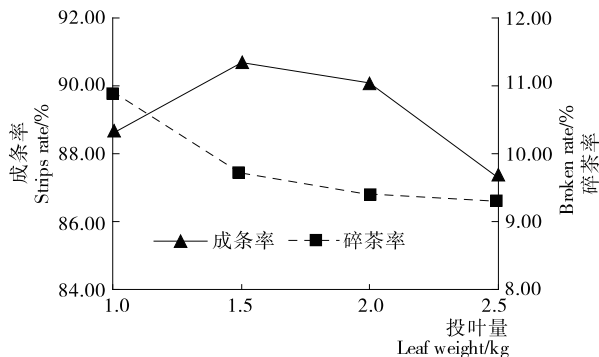


图1 投叶量对理条特性的影响

Figure 1 The effect of the amount of the leaves on the characteristics of the tea carding

环境下,导致理条工序结束后茶叶含水量仍较高,成条率下降;投叶量过少,茶叶水分散失过快,湿热作用的时间短,外形不紧直,成条率较低,茶叶边缘容易失去水分,导致过早发生焦黄破碎,碎茶率较高。

由图2可知:随着理条时间逐渐增多,碎茶率也在上升,当理条时间由5 min升至15 min的过程中,碎茶率呈显著上升趋势(7.1%~10.8%);而成条率则呈先上升后下降的趋势,理条时间在10 min时,成条率最大达到90.1%。这是因为当理条时间较短时,茶叶与理条机的槽锅锅壁摩擦的时间短,高湿闷热的作用少,碎茶率与成条率都较低;理条时间过长,茶叶与槽锅接触的时间长,茶叶水分散失较多的同时碎茶现象也较明显,茶叶成条率下降。

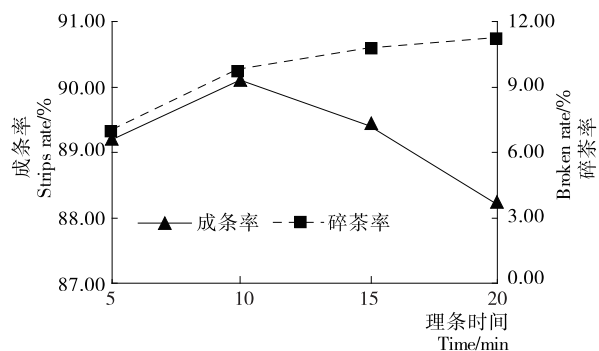


图2 理条时间对理条特性的影响

Figure 2 The effect of the time on the characteristics of the tea carding

由图3可知:碎茶率在理条温度较低时变化不明显,但在高温时,碎茶率会缓慢上升,特别是当理条温度在90~100℃时,碎茶率上升幅度较大(7.7%~9.3%);成条率在低温时也会上升,但随着温度的升高,成条率下降的幅度会加大,在90~100℃时,成条率下降尤为显著(92.1%~90.3%)。这是因为当理条温度过高时,在水分散失的过程中茶叶定型的时间较短,导致成条率降低,同时由于槽锅温度过高,茶叶表面边缘丢失水分过快,易焦黄破碎,导致碎茶率提高;理条温度过低时,茶叶理条后含水率较高,茶叶外形不紧致,成条率低<sup>[7-8]</sup>。

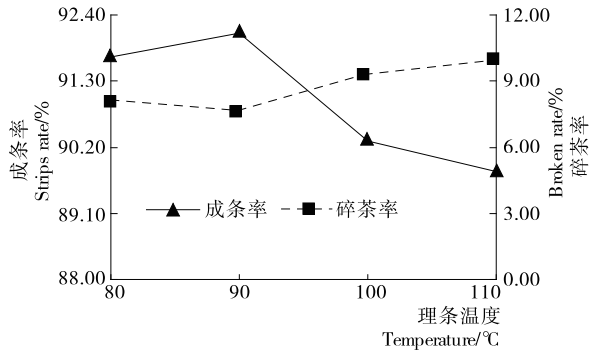


图 3 理条温度对理条特性的影响

Figure 3 The effect of temperature on the characteristics of the tea carding

2.2 正交试验结果与分析

由单因素试验可知,理条温度、理条时间和投叶量对碎茶率和成条率都有影响,为了进一步对茶叶理条工艺进行优化,选择理条时间、理条温度和投叶量为试验因素,以成条率和审评得分为指标,进行三因素三水平的正交试验,因素水平见表 1,试验重复 4 次,取平均值,试验结果及分析见表 2。

由表 2 可知,各个因素对理条工艺的影响主次均为理条温度 > 理条时间 > 投叶量;试验的最佳条件均为 A<sub>2</sub>B<sub>1</sub>C<sub>1</sub>,即

表 1 正交试验因素水平

Table 1 Orthogonal experiment factor and level

水平	A 理条温度/°C	B 理条时间/min	C 投叶量/kg
1	80	5	1.0
2	90	10	1.5
3	100	15	2.0

表 2 正交试验结果及其极差分析

Table 2 The orthogonal experiment results and their extreme difference analyses

序号	A	B	C	成条率/%	审评得分
1	1	1	1	87.2	84.2
2	1	2	2	91.7	85.1
3	1	3	3	88.5	83.0
4	2	1	2	93.8	91.1
5	2	2	3	90.1	84.6
6	2	3	1	94.5	92.6
7	3	1	3	95.2	93.5
8	3	2	1	92.2	88.3
9	3	3	2	87.8	81.8
<hr/>					
成条率	k <sub>1</sub>	89.1	92.1	91.3	$\sum_{i=1}^9 k_i = 821$
	k <sub>2</sub>	92.8	91.3	91.1	
	k <sub>3</sub>	91.7	90.3	91.2	
审评得分	R <sub>1</sub>	3.7	1.8	0.2	$\sum_{i=1}^9 k_i = 784.2$
	k <sub>1</sub>	84.1	89.6	88.4	
	k <sub>2</sub>	89.4	87.7	86.0	
	k <sub>3</sub>	87.9	85.8	87.0	
	R <sub>2</sub>	5.3	3.8	2.4	

理条温度为 90 °C,理条时间为 5 min,投叶量为 1.0 kg 时成条率最大,审评得分最高。按照最佳工艺条件进行验证实验,此时茶叶成条率为 95.8%,审评得分为 93.9。

对正交试验的数据运用 Matlab 软件进行多元线性回归,得到三元一次回归方程和三元二次回归方程,因为审评得分是对茶叶外观和内质进行评判的综合性指标,而成条率和碎茶率是对茶叶外形的评判指标,故采用审评得分作为评判指标。

$$S = 70.5026 + 0.1883T - 0.7296t + 3.7358m \quad (2)$$

$$S = 145.5875 - 2.0392T - 2.5750t + 47.1000m + 0.0124T^2 + 0.0965t^2 - 13.9500m^2 \quad (3)$$

式中:

S —— 审评得分;

T —— 理条温度,°C;

t —— 理条时间,min;

m —— 投叶量,kg。

由表 3 可知,二次回归明显优于一次回归,说明理条温度、理条机转速和投叶量对审评得分的影响接近于二次关系。随机拟定几组水平因子进行平行试验,测得审评得分和代入式(3)得到的审评得分误差不超过 6.13%,因此得出二次关系在对茶叶的理条工序方面有重大的参考意义。

表 3 回归参数表

Table 3 Regression parameter table

多元一次回归			多元二次回归		
相关系数	统计量	P 值	相关系数	统计量	P 值
0.8556	7.9016	0.0371	0.9980	81.8956	0.0844

2.3 理条工艺的人工神经网络优化

通过正交试验每次试验的 3 个因素的数值为输入值,以最后的审评得分为输出值,建立人工神经网络模型,网络隐含层函数 Tansig,输出层神经元的传递函数 Logsig,如图 4 所示,模型不仅考虑了因素本身的作用,还考虑了因素之间的交互作用<sup>[9-10]</sup>。设置神经网络的训练次数为 1 000 次,神经网络的精度为 0.000 1,给定每个因素合适的步长,用 matlab 中的优化函数对该神经网络进行编程,找出使输出值为最大的因素组合<sup>[11-12]</sup>。人工神经网络程序运行结果为理条温度 93 °C,理条时间 5 min,投叶量 1.0 kg,经验证其审评得分为 94.1,成条率为 96.10%,较正交试验 93.9 的审评得分和 95.80% 的成条率要好,最终结果有差别在于人工神经网络在运算时考虑了 3 个因素之间的交互作用。

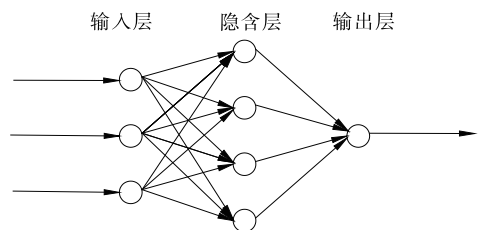


图 4 人工神经网络模型

Figure 4 Artificial neural network model

(下转第 153 页)

## 参考文献

- [1] 蔡凌云. 乌饭树叶中总黄酮体外抗氧化活性[J]. 中成药, 2011, 33(6): 1 054-1 057.
- [2] Daniela B, Luisa T, Francesca D G, et al. Antioxidant activities of sicilian prickly pear(*opuntia ficus indica*)fruit extracts and reducing properties of its betalains; betanin and indicaxanthin[J]. *Agricultural and Food Chemistry*, 2002, 50(23): 6 895-6 901.
- [3] 曾伟, 丁利君, 黄聪华, 等. 黑曲霉发酵法辅助提取芒果黄酮及其抗氧化研究[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 115-118.
- [4] 章海燕, 王立, 张晖. 乌饭树叶水溶性黄酮的抑菌作用的研究[J]. 中国食品添加剂, 2010(5): 62-67.
- [5] Edziri H, Mastouri M, Ammar S, et al. Antimicrobial, antioxidant, and antiviral activities of *retama raetam* (forssk.) webb flowers growing in Tunisia[J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2008, 24(12): 2 933-2 940.
- [6] Gomah N. Antimicrobial activity of *Calotropis procera* Ait. (Asclepiadaceae) and isolation of four flavonoid glycosides as the active constituents[J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2013(29): 1 255-1 262.
- [7] 黄丽娜, 马文领, 周健, 等. 乌饭树叶醇提物抗大鼠精神疲劳作用[J]. 中国公共卫生, 2008, 24(8): 964-966.
- [8] Wang Li, Zhang Xue-tong, Zhang Hai-yan, et al. Effect of *Vaccinium bracteatum* Thunb. Leaves extract on blood glucose and plasma lipid levels in streptozotocin-induced diabetic mice[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2010, 130(3): 465-469.
- [9] 章海燕, 王立, 张晖. 基于响应面分析法优化的乌饭树叶水溶性黄酮提取条件[J]. 食品工业科技, 2010, 31(3): 260-263.
- [10] 余青, 许慧星, 肖小蓉, 等. 基于响应面分析法优化的乌饭树叶总黄酮提取条件[J]. 中国农学通报, 2008, 24(1): 93-98.
- [11] 王立, 姚惠源. 乌饭树叶中黄酮类色素的提取与分离纯化[J]. 食品与发酵工业, 2004, 30(9): 120-125.
- [12] 余青, 郑小严, 黄红霞, 等. 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取乌饭树叶总黄酮的工艺[J]. 福建农林大学学报, 2009, 38(1): 97-101.
- [13] Zhao Gui-li, Chen Xue, Wang Lei, et al. Ultrasound assisted extraction of carbohydrates from microalgae as feedstock for yeast fermentation[J]. *Bioresource Technology*, 2013, 128(1): 337-344.
- [14] 陈丛瑾, 黄克瀛, 李德良, 等. 香椿叶总黄酮的超声波辅助提取及其清除 DPPH 自由基能力的研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(1): 76-80.
- [15] 王娟, 沈平壤, 沈永嘉. 葛根中有效成分微波辅助萃取研究[J]. 中国医药工业杂志, 2002, 33(8): 382-384.
- [16] 苏东林, 单杨, 李高阳. 微波法提取柑桔皮总黄酮的应用研究[J]. 食品与机械, 2007, 23(3): 73-77.
- [17] 刘全德, 唐仕荣, 宋慧. 超声波—微波协同萃取芹菜黄酮的工艺研究[J]. 食品与机械, 2010, 26(5): 134-137.
- [18] Ranjan A, Patil C, Moholkar V S. Mechanistic assessment of microalgal lipid extraction[J]. *Industrial Engineering Chemistry Research*, 2010(49): 2 979-2 985.
- [19] Ahmad-Qasem M H, Cánovas J, Barrajon-Catalán E, et al. Kinetic and compositional study of phenolic extraction from olive leaves (var. Serrana) by using power ultrasound[J]. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 2013(17): 120-129.
- [20] 唐浩国. 黄酮类化合物研究[M]. 香港: 科学教育出版社, 2009: 42-43.
- [21] 黄佳萍, 郑青, 郭梦梦, 等. 超声波法提取乌饭树叶槲皮素的工艺研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(9): 4 050-4 052.
- [22] 顾文秀, 谢为明, 夏文水, 等. 超声波提取乌饭树叶色素及其稳定性的研究[J]. 林产化学与工业, 2005, 25(4): 74-78.
- [23] 胡志杰, 蔡智慧. 微波辐射提取乌饭树叶黑色素工艺的研究[J]. 中国野生植物资源, 2007, 26(6): 52-54.
- [24] 王立. 乌饭树黑色素中功能性成分研究[D]. 无锡: 江南大学, 2005.
- [25] 王芳, 张庆庆, 乔璐, 等. 乌饭叶中黄酮、多酚的提取及其抗氧化性研究[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(17): 4 158-4 163.

(上接第 105 页)

### 3 结论

为了寻找到六安绿茶理条工序的最佳工艺条件, 研究了理条时间、理条温度和投叶量对最后茶叶品质的影响, 对正交试验结果进行多元回归分析, 建立人工神经网络模型优化理条工艺条件。研究表明理条温度对理条工艺中的影响最大, 其次是理条机转速, 最后是投叶量, 当理条温度为 93 ℃, 理条时间为 5 min, 投叶量为 1.0 kg, 六安绿茶的理条效果最好。以往关于茶叶理条工艺的研究, 如文献[5]和[7], 都是从茶叶理化性质角度寻找最优参数, 而没有以成茶率和碎茶率的角度去分析。本研究不仅寻找到最优理条工艺参数, 还为茶叶加工其它工序的最优参数寻找提供方法与依据, 接下来要对理条因素之间的交互作用进行进一步的试验, 在对其它可能潜在的因素也进行试验分析。

## 参考文献

- [1] 周智修, 段文华, 吴海燕, 等. 我国名优茶发展现状与趋势[J]. 茶叶科学, 2013, 33(2): 171-178.
- [2] 周智修, 段文华, 吴海燕, 等. 中国名优茶消费需求调查分析[J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(3): 412-416.
- [3] 司辉清, 庞晓莉, 刘建军, 等. 机制针形名优绿茶工艺研究[J]. 西南农业大学学报, 2003, 25(4): 370-373.
- [4] 钟映富, 周正科, 胡翔, 等. 振动理条对针形名茶品质的影响[J]. 中国茶叶, 2002, 24(1): 32-33.
- [5] 余志, 杨艳, 周继荣, 等. 机制针形名茶做形工艺研究[J]. 茶叶科学, 2007, 27(4): 311-315.
- [6] 刘二根, 王广超, 朱旭生. MATLAB 与数学实验[M]. 北京: 国防工业出版社, 2014.
- [7] 田波平, 孙秋梅, 廖庆喜, 等. 6CZZ-600 型针形名优茶做形机及成型工艺优化[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4): 65-68.
- [8] 陈习村. 六安瓜片加工工艺研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2001.
- [9] 丛爽. 神经网络、模糊系统及其在运动控制中的应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001.
- [10] 朱德泉, 蒋克荣, 王继先, 等. 干燥过程模糊神经网络控制器的设计与仿真[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(15): 4 768-4 771.
- [11] 刘卫国. matlab 程序设计与应用[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [12] 刘海臣, 卓金武, 吴国光. 基于人工神经网络的茶叶咖啡因提取条件的优化[J]. 应用化学, 2007, 24(4): 457-460.