

# 烟梗微波膨胀条件优化及其对烟梗化学成分和物理结构的影响

高锐<sup>1</sup>, 黄志强<sup>2</sup>, 王松峰<sup>2</sup>, 李仙<sup>2</sup>, 包秀萍<sup>2</sup>, 杨永军<sup>2\*</sup>

(1. 红云红河烟草(集团)有限责任公司, 云南昆明 650000; 2. 云南瑞升烟草技术(集团)有限公司, 云南昆明 650000)

**摘要:** 为确定烟梗膨胀的最佳条件和微波膨胀对烟梗品质的改善作用, 研究烟梗含水率、膨胀时间、膨胀功率与烟梗膨胀率关系, 同时考察了微波处理前后烟梗常规化学成分含量和物理结构的变化情况。结果表明, 烟梗微波膨胀最佳条件为膨胀时间 45 s、烟梗含水率 20%、微波功率 630 W, 此条件下验证结果表明, 烟梗膨胀率为 4.24。微波膨胀处理后, 烟梗总糖含量降低, 总植物碱、总氮、淀粉、蛋白质的含量变化不大; 感官评吸主要表现为杂气明显减弱, 余味和舒适性明显改善; 膨胀后烟梗物理结构发生变化。可见, 微波膨胀对改善烟梗抽吸品质有积极作用。

**关键词:** 烟梗; 微波膨胀; 化学成分; 电镜扫描; 物理结构; 感官评价

**中图分类号:** TS49 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)11-0050-05

## Optimization and Effects of Microwave Expansion on Chemical Components and Physical Structure of Tobacco Stem

GAO Rui<sup>1</sup>, HUANG Zhi-qiang<sup>2</sup>, WANG Song-feng<sup>2</sup>, LI Xian<sup>2</sup>,  
BAO Xiu-ping<sup>2</sup>, YANG Yong-jun<sup>2\*</sup>

(1. HongyunHonghe Tobacco(Group) Co., Ltd., Kunming 650000, China;

2. Yunnan Reascend Tobacco Technology(Group) Co., Ltd., Kunming 650000, China)

**Abstract:** In order to investigate the effect of microwave expansion on smoking quality of tobacco stems, the optimum microwave expansion conditions were determined by exploring the relationships between the water content of tobacco stems, microwave expansion time, microwave expansion power and expansion rate of tobacco stems. And differences of chemical components, physical structure and smoking quality between the untreated and treated tobacco stems were further studied. Results showed the optimum conditions for tobacco stem expansion were as follows: microwave expansion time was 45 s, moisture content of tobacco stems was 20% and microwave power was 630 W. Compared with the untreated tobacco stems, the treated ones had lower content of total sugar but similar contents of total alkaloid, total nitrogen, starch and protein. Their miscellaneous gas was weaker, and the aftertaste and comfort got better. Besides, it was shown that the treated tobacco stems possessed more expanded and destroyed inner structure. This study therefore suggests that microwave expansion has positive effect on smoking quality of tobacco stems.

**Key words:** tobacco stem; microwave expansion; chemical constituents; electron microscope scanning; physical structure; sensory evaluation

烟梗是烟叶的组成部分, 其质量约占烟叶的 25%, 但由于缺乏适当的调制方法, 每年都有大量烟

梗被废弃, 既浪费资源, 又造成环境污染, 因此, 烟梗的充分利用成为卷烟行业的研究热点<sup>[1-2]</sup>。烟梗细

收稿日期: 2013-05-06

基金项目: 红云红河烟草(集团)有限责任公司项目(HYHH2012YL07)

作者简介: 高锐(1978-), 男, 吉林四平人, 工程师, 硕士, 主要从事烟叶原料研究。E-mail: 285731323@qq.com

\* 通讯作者: 杨永军(1985-), 男, 云南大理人, 助理工程师, 硕士, 主要从事烟草原料研究。E-mail: 2005034145@163.com

胞壁类物质的主要成分是木质素、纤维素等,这些物质燃烧后产生强烈刺激性物质,其抽吸特点表现为木质气重、呛咳、涩口,香气量少,适当降低烟梗中胞壁类物质的含量能改善烟梗的吸品质,提高其在卷烟配方中的应用比例<sup>[3-5]</sup>。目前,烟梗处理技术主要包括烟梗成丝技术、烟梗膨胀制粒技术和梗丝再造技术<sup>[6-12]</sup>。夏炳乐等<sup>[6]</sup>利用生物技术将胞壁物质降解为水溶性糖,提高了梗丝在配方中的添加比例;何炬等<sup>[7]</sup>和王慧等<sup>[8]</sup>证明,利用微波膨胀烟梗技术能够改善烟梗的吸味品质;陈晶铃等<sup>[9]</sup>对烟梗膨化时间、温度、含水率进行了筛选,有效改善了烟梗的质量;吴艳等<sup>[11]</sup>和宋光富等<sup>[12]</sup>证明,蒸汽爆破对烟梗化学物质含量及物理结构均有较大影响。但上述生物技术还存在着一些不足,例如生物处理量和胞壁物质降解量小、生物试剂成本高且生物处理条件苛刻等缺点,在实际生产中的推广应用尚存在一定的难度;已有的微波膨胀试验设计较为局限,只对部分条件进行筛选,缺乏系统的分析;蒸汽爆破技术在处理烟梗过程中对实验仪器的要求过高,且处理过程中烟梗受热不均匀,造成品质不均。鉴于此,通过正交分析法探索微波膨胀的时间、功率及烟梗含水率对烟梗微波膨胀效果的影响,优化烟梗微波膨胀条件,并通过对膨胀后烟梗主要化学成分的分析 and 物理结构的观察,明确膨胀烟梗化学成分、抽吸品质和膨胀烟梗内部结构之间的关系,旨在说明微波膨胀对改善烟梗品质的积极作用。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与试验仪器

1.1.1 供试材料 供试烟梗为云南昆明 2011 年烟梗(红云集团提供)。

1.1.2 仪器与设备 添加剂加料设备(自制)、填烟器(德国 GIZEH 金字塔填烟器)、电子天平(上海梅特勒-托利多仪器有限公司)、微波炉(格兰仕 WBBH1012)

### 1.2 试验方法

1.2.1 烟梗膨胀的单因素试验 取 20 g 烟梗,分别在一定的烟梗含水率(12%、14%、16%、18%、20%、22%、24%)、一定的微波膨胀时间(25、30、35、40、45、50 s)和微波膨胀功率(350、420、490、560、630、700 W)条件下测定烟梗的膨胀率,初步筛选烟梗膨胀的最佳含水率、膨胀时间和膨胀功率。

1.2.2 烟梗膨胀因素的正交试验 在烟梗膨胀处理单因素筛选试验的基础上,采用 SPSS 19.0,以烟

梗含水率、微波膨胀时间、微波功率为变量,烟梗膨胀率为因变量,设计正交试验,优化烟梗膨胀的工艺条件。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 烟梗含水率 采用梅特勒水分测定仪(HG63)测定烟梗膨胀前和膨胀后的含水量(含水率)。

1.3.2 烟梗膨胀率 采用充填法测量烟梗物料体积,即用石英砂在量筒中浸没方法测试不规则固体烟梗的体积。测定 3 次,取平均测定结果。膨胀率=膨胀后烟梗的体积(mL)/膨胀前烟梗的体积(mL)。

1.3.3 烟梗原料化学成分含量 烟梗化学成分分析由云南同创检测技术股份有限公司完成相关检测,检测项目:总糖(YC/T 159-2002)、总植物碱(YC/T 160-2002)、总氮(YC/T 161-2002)、淀粉(YC/T 283-2009)、蛋白质(YC/T 166-2003)。

1.3.4 感官评价指标及量化方法 参照标准 YC/T 138-1998,卷烟评吸专家小组由 7 人组成,分别对处理后烟叶模块的香气质、香气量、协调性、杂气、浓度、刺激性、余味、燃烧性和灰色共 9 个单项指标进行打分(每个单项的分值为 1~9 分,9 个单项总分为 81 分),然后计算单项平均分,精确至 0.01。感官质量评吸得分以各单项平均得分之和表示,精确至 0.01。

1.3.5 烟梗物理结构 采用扫描电镜(SNE-3000M)观察烟梗的物理结构变化情况,分析对照烟梗与微波膨胀烟梗的表面、横切面、烟梗中部微管组织的物理结构。

## 2 结果与分析

### 2.1 烟梗膨胀的单因素试验

2.1.1 烟梗含水率与膨胀率的关系 取 20 g 烟梗,分别调节烟梗含水率为 12%、14%、16%、18%、20%、22%、24%,固定膨胀时间为 40 s,微波功率 700 W,得到烟梗含水率与膨胀率关系(图 1)。从图 1 可知,当烟梗含水率为 12%~20%时,烟梗的膨胀率呈上升趋势,但试验中观察到,烟梗含水率为 12%、14%、16%时出现严重的碳化现象;含水率为 20%~24%时,烟梗膨胀率随含水率增加而降低。因为水分蒸发将消耗热量,且膨胀的烟梗壳体因含水量较高未定型,还会发生二次收缩,需要迅速冷却才能使外壳变硬,从而导致烟梗膨胀率下降。因此,烟梗微波膨胀的适宜含水率约为 18%~22%。

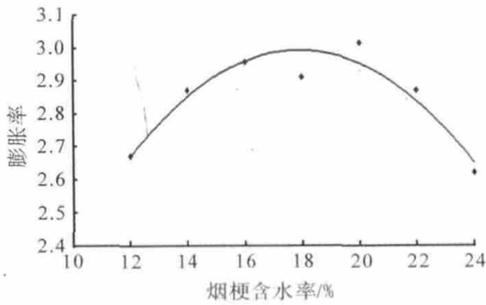


图 1 烟梗含水率与烟梗膨胀率的关系

2.1.2 烟梗膨胀率与微波膨胀时间的关系 取 20 g 含水率为 20% 的烟梗, 微波膨胀时间分别为 25、30、35、40、45、50 s, 膨胀功率为 700 W, 研究微波膨胀时间与烟梗膨胀率的关系。从图 2 可以看出, 随着膨胀时间的增加, 膨胀率也逐渐提高。这与烟梗中水分的含量有直接关系, 在膨胀的初始阶段, 烟梗吸收微波较少, 温度较低, 失去表面结合水的速度较慢, 蒸发产生的水蒸气较少, 导致膨胀率较低; 而后随着微波时间的增加烟梗温度逐渐升高, 部分结合水被蒸发, 烟梗内部水蒸气压力迅速增大, 膨胀率增大。但膨胀功率 700 W、微波膨胀 50 s 时烟梗出现严重的碳化现象。因此, 烟梗微波膨胀的适宜膨胀时间范围是 35~45 s, 且此时无碳化现象。

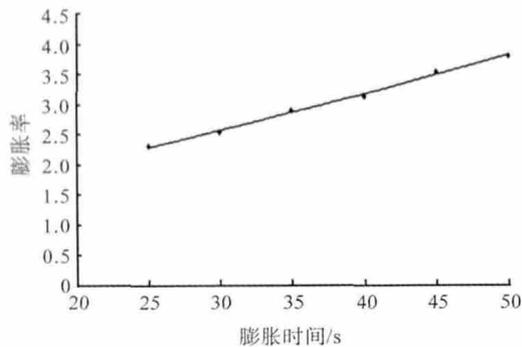


图 2 膨胀时间与烟梗膨胀率的关系

2.1.3 烟梗膨胀率与微波膨胀功率的关系 取含水率为 20% 的烟梗 20 g, 微波膨胀时间为 40 s, 膨胀功率选择 350、420、490、560、630、700 W, 研究烟梗微波膨胀功率与膨胀率的关系。从图 3 可以看出, 随着膨胀功率的增加, 烟梗的膨胀率也逐渐提高。当膨胀功率为 490~630 W 时, 膨胀率较高; 微波膨胀功率为 700 W 时, 虽然烟梗膨胀率最高, 但由于烟梗局部含水率的差异, 造成烟梗局部出现轻微的碳化现象, 且此时能耗较高。因此, 烟梗微波膨胀的适宜膨胀功率约为 490~630 W, 且此时无碳化现象发生。

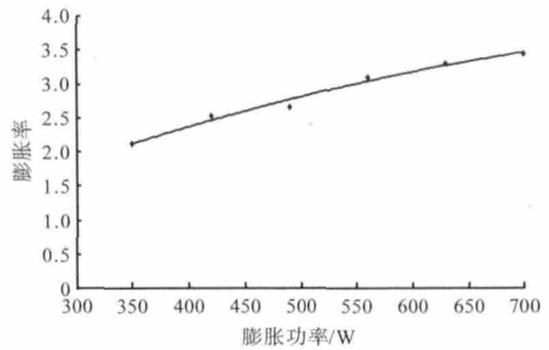


图 3 微波功率与烟梗膨胀率的关系

2.2 烟梗膨胀因素的正交试验

为了更准确地探索烟梗含水率、微波膨胀时间、微波膨胀功率与烟梗膨胀率的关系, 采用正交试验分析, 旨在准确、全面地说明膨胀率与膨胀时间、功率、烟梗含水率之间的关系。据单因素试验结果, 得到烟梗膨胀的最佳含水率约为 18%~22%, 最佳膨胀时间是 35~45 s, 烟梗最佳膨胀功率约为 490~630 W。试验采用 SPSS 19.0 进行分析, 以烟梗含水率、微波膨胀时间、微波膨胀功率为变量, 烟梗膨胀率为因变量, 设计正交试验, 试验因素和水平见表 1。

表 1 烟梗膨胀正交试验的因素及水平设置

水平	因素		
	膨胀时间(A)/s	烟梗含水率(B)/%	膨胀功率(C)/W
1	45	22	630
2	40	20	560
3	35	18	490

根据正交试验设计和结果(表 2)以及统计分析(表 3), 烟梗含水率水平 2 的膨胀率平均数为 4.590, 高于水平 1 和水平 3, 烟梗膨胀时间中水平 1 的平均数(4.877)高于水平 2 和水平 3, 烟梗膨胀功率水平 1 高于水平 2 和水平 3, 数值为 4.343, 由直观分析得出, 各因素水平的优劣顺序是:  $A_1 > A_2 > A_3$ ,  $B_2 > B_1 > B_3$ ,  $C_1 > C_2 > C_3$ 。

表 2 烟梗膨胀条件的正交试验设计与结果

试验号	因素			烟梗膨胀率		
	烟梗含水率/%	膨胀时间/s	膨胀功率/W	Y1	Y2	Y3
1	22	35	630	3.23	3.15	3.19
2	18	40	490	4.07	4.12	3.94
3	22	45	490	4.47	4.56	4.41
4	18	35	560	3.59	3.74	3.52
5	20	35	490	3.71	3.65	3.69
6	22	40	560	4.13	4.15	4.21
7	20	40	630	4.85	4.95	4.87
8	20	45	560	5.21	5.27	5.24
9	18	45	630	4.95	4.97	4.96

注: Y1、Y2、Y3 代表 3 个重复。

表 3 烟梗膨胀率的单因素统计

项目	水平	烟梗膨胀率		95%置信区间	
		平均数	标准误差	下限值	上限值
烟梗含水率	1	4.203	0.068	3.909	4.498
	2	4.590	0.068	4.296	4.884
	3	3.943	0.068	3.649	4.238
膨胀时间	1	4.877	0.068	4.582	5.171
	2	4.350	0.068	4.056	4.644
	3	3.510	0.068	3.216	3.804
膨胀功率	1	4.343	0.068	4.049	4.638
	2	4.310	0.068	4.016	4.604
	3	4.083	0.068	3.789	4.378

由表 4 可知,微波膨胀时间对烟梗膨胀率有极显著影响( $P < 0.01$ ),烟梗膨胀时间的  $F$  值为 101.491,而烟梗含水率和膨胀功率的  $F$  值分别为 22.617 和 4.275,3 个影响因素的主次顺序为:膨胀时间 > 烟梗含水率 > 膨胀功率,通过以上的设计与处理得出烟梗微波膨胀的最佳条件为:  $A_1B_2C_1$ ,即膨胀时间 45 s,烟梗含水率 20%,微波膨胀功率 630 W。在此最佳参数下进行验证试验,烟梗膨胀率为 4.24,表明试验所确定的工艺条件为最佳工艺条件。

表 4 烟梗膨胀因素正交试验的方差分析

来源	均方和	自由度	均方	$F$ 值	$P$ 值
校正模型	3.606	6	0.601	42.794	0.023
截距	162.223	1	162.223	11550.665	0.000
烟梗含水率	0.635	2	0.318	22.617	0.042
膨胀时间	2.851	2	1.425	101.491	0.010
膨胀功率	0.120	2	0.060	4.275	0.190
误差	0.028	2	0.014		
总计	165.857	9			
校正的总计	3.634	8			

注:校正模型的决定系数  $R^2 = 0.992$ (调整  $R^2_{adj} = 0.969$ )。

表 5 烟梗原料的常规化学成分含量

烟梗处理	总糖/%	总植物碱/%	总氮/%	淀粉/%	蛋白质/%	抽吸评价
微波前	19.70	0.77	2.06	0.63	3.16	杂气重,刺激明显
微波后	16.30	0.72	1.91	0.61	3.06	杂气明显减少,余味舒适性明显改善,刺激稍有

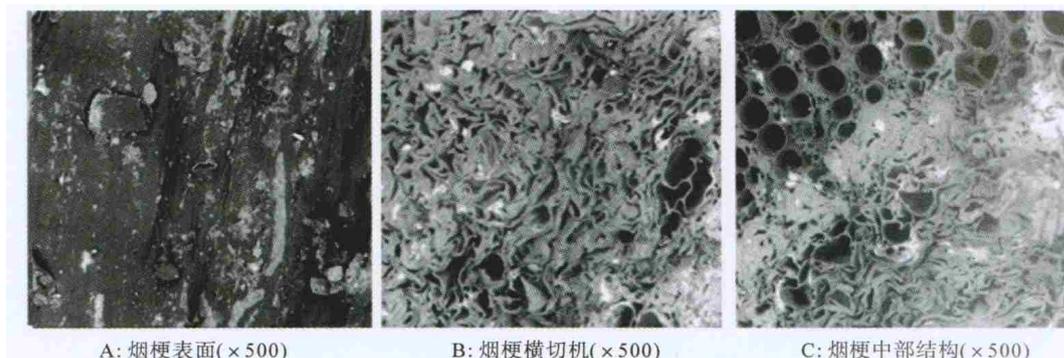


图 4 微波膨胀处理前烟梗的结构电镜扫描结果

## 2.3 微波膨胀处理后烟梗的化学成分

由表 5 可知,与微波膨胀处理前相比,经微波膨胀处理后的烟梗总植物碱、淀粉、蛋白质和总氮含量无明显变化,而总糖含量明显下降,降幅为 17.26%,这可能是由于微波膨胀烟梗是一种密闭状态,这个状态能够使得烟梗内部结构瞬间达到高温,且加热较为均匀,在微波膨胀过程中温度不断升高,烟梗中的糖类物质参与焦糖化、糖热裂解反应,产生了许多呋喃衍生物、酮醛类的羧基化合物等致香成分。从抽吸品质上看,微波膨胀处理后烟梗主要表现为杂气明显减少,余味舒适性明显改善,刺激稍有。

## 2.4 微波膨胀对烟梗物理结构的影响

微波膨胀对烟梗细胞壁的作用主要表现为对细胞壁形态、空间结构及组织的破坏。膨胀时间 45 s、烟梗含水率 20%、微波膨胀功率 630 W 处理前后烟梗的表面特征和细胞壁结构变化分别如图 4—5 所示。从图 4—5 可以看出,与微波膨胀处理前烟梗(图 4A)相比,处理后烟梗的表面形成了许多的褶皱(图 5A),同时伴随着出现孔状结构,这可能是由于微波加热使得烟梗中的结合水迅速变成水蒸气,蒸汽挤压烟梗的细胞结构使得烟梗表面迅速隆起,而后蒸汽溢出形成了小孔。与微波膨胀处理前烟梗横切面(图 4B)相比,经微波膨胀处理的烟梗组织结构疏松至破损,呈现较为完整和饱满的细胞结构,薄壁组织出现部分解离(图 5B)。从烟梗的中部导管组织上看,微波膨胀处理前烟梗的结构紧密,细胞结构不明显(图 4C),而经微波膨胀处理后烟梗的细胞壁呈现不规则撕裂,部分出现明显断裂,同时胞间隙变得模糊不清,微波膨胀后导管组织无较大改变(图 5C)。

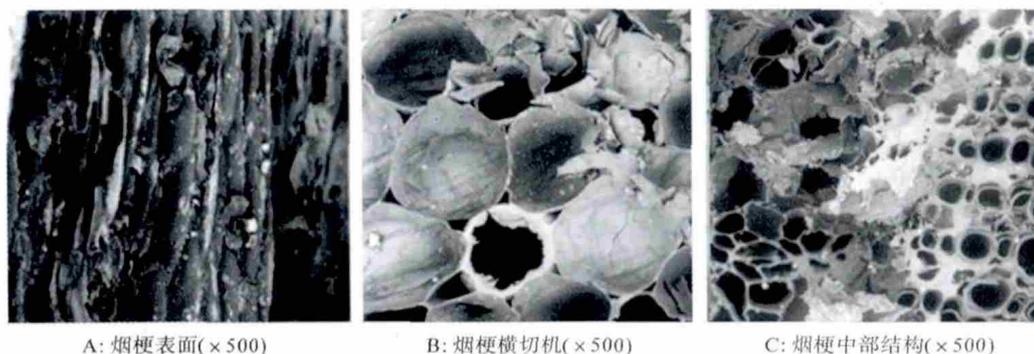


图 5 微波膨胀处理后烟梗的结构电镜扫描结果

### 3 结论与讨论

通过正交分析得出,烟梗膨胀的最佳条件为膨胀时间 45 s、烟梗含水率 20%、微波膨胀功率 630 W,同时未出现碳化现象。从烟梗的物理结构上看,微波膨胀处理可以使烟梗显微组织结构疏松至断裂破损,细胞壁呈现不规则撕裂,部分出现明显断裂,同时细胞间隙消失,成不规则状。微波膨胀促进烟梗中糖类物质参与棕色化反应,使总糖含量明显降低,降幅为 17.26%;微波膨胀处理后的烟梗抽吸品质主要表现为杂气明显减少,余味舒适性明显改善,刺激稍有。可见,利用微波膨胀处理烟梗能够有效地撕裂细胞壁,使烟梗化学成分发生明显变化,对改善烟梗的抽吸品质有积极作用。

由于烟梗细胞壁的主要成分是一些糖类物质(纤维素、半纤维素和果胶等)以及主要成分为酚类物质的木质素等,经微波膨胀处理后,烟梗细胞结构发生断裂,细胞内的沉淀物质在高温高压密闭环境下,参加了一系列复杂的化学反应,从而可能促进烟梗中芳香族类化合物的转化和棕色化反应的进程,导致致香产物含量的增加,提高了烟梗的抽吸品质。

参考文献:

- [1] 董占能,白聚川,张皓东.烟草废弃物资源化[J].中国烟草科学,2008,29(1):39-42.
- [2] 王月侠,葛善礼,贾涛,等.烟梗化学组成的分析[J].中国烟草科学,1996(3):16-17.
- [3] 李炎强,冼可法.烤烟烟梗和叶片中性香味成分的分析[J].烟草科技,2002(11):3-11.
- [4] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [5] 武圣江,宋朝鹏,许自成,等.烘烤过程中烤烟细胞壁生理变化研究[J].中国烟草科学,2010,31(3):73-77.
- [6] 夏炳乐,颜春雷,李敏莉,等.生物酶技术在烟草中的应用研究进展[J].烟草科技,2008(1):46-49.
- [7] 何炬,刘维涓,师建全,等.微波膨胀烟梗质量研究[J].烟草科技,2006(2):9-12.
- [8] 王慧,曾晓鹰,杨涛,等.微波膨胀烟梗制备颗粒应用于卷烟的效果评价[J].烟草科技,2008(10):5-8.
- [9] 陈晶铃,陈明功,汪晓艳,等.烟梗微波膨胀基本规律的研究[J].安徽理工大学学报:自然科学版,2008,28(3):61-64.
- [10] 李学军,王永金,刘尚友,等.烟梗处理技术综述[J].轻工科技,2012(11):24-25.
- [11] 吴艳,李东亮,李刚,等.蒸汽爆破对烟梗木质纤维素含量和微观结构的影响[J].河南农业大学学报,2011,45(4):448-451.
- [12] 宋光富,李刚,李东亮,等.蒸汽爆破对烟梗化学成分含量及显微结构的影响[J].烟草科技,2011(8):35-38.