

## 打叶复烤白肋烟叶 TSNAs 含量变化分析

边文杰, 郭东锋, 姚忠达, 吴克松, 张福建, 周初跃, 汪季涛, 舒俊生\*

(安徽中烟工业有限责任公司技术中心, 合肥 230088)

**摘要:** 为了研究在打叶复烤过程中白肋烟叶 TSNAs 含量的变化趋势, 对白肋烟 5 个模块烟叶原烟、一润、二润、打叶及复烤处理环节进行了取样, 并利用 SPSS 和 MINITAB 软件对样品的常规化学和 TSNAs 含量进行了分析。结果表明, 在打叶复烤的过程中 TSNAs 含量在打叶处理环节显著上升, 在复烤处理环节下降, 其中 NNN、NAT 及 NAB 含量经过打叶复烤整个过程显著上升, NNK 含量略有上升但和原烟相比差异不显著。白肋烟 TSNAs 含量与常规化学成分的相关性不显著。因此调控 TSNAs 的关键点在打叶处理环节。

**关键词:** 打叶复烤; 白肋烟; TSNAs; 化学成分

中图分类号: TS441

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2014)03-0523-05

### Analysis of TSNAs contents in burley tobacco in threshing and redrying process

BIAN Wenjie, GUO Dongfeng, YAO Zhongda, WU Kesong,

ZHANG Fujian, ZHOU Chuyue, WANG Jitao, SHU Junsheng

(Technology Center, China Tobacco Anhui Industrial Corporation, Hefei 230088)

**Abstract:** In order to research the changing trend of TSNAs contents in burley tobacco in process of threshing and redrying, five modules of burley tobacco were taken in process of crude tobacco, first conditioning, second conditioning, threshing and redrying. Routine chemical components and TSNAs contents of the samples were analyzed using SPSS and MINITAB. The results showed that the contents of TSNAs increased significantly in the threshing, but decreased in the redrying. Among them, NNN, NAT and NAB increased significantly, and NNK increased slightly but without any significant difference compared with crude tobacco in this whole process. Test for correlation coefficient showed that the relationship between TSNAs and routine chemical components did not display notable linear correlation. Therefore, threshing is considered the most important period in TSNAs control.

**Key words:** threshing and redrying; burley tobacco; TSNAs; chemical component

烟草特有亚硝胺 (TSNAs) 是烟草及卷烟烟气中最为人关注的一类强致癌物质, 其主要包括 N-亚硝基降烟碱 (NNN)、N-亚硝基新烟草碱 (NAT)、N-亚硝基新烟碱 (NAB)、4-甲基-N-亚硝基-亚硝胺基-(3-吡啶基)-1-丁酮 (NNK) [1-3]。有研究表明, 烟草中的硝酸盐和烟碱在微生物的作用下生成 TSNA [4-6], 人为增加白肋烟温度和湿度, 烟叶中 TSNA 含量急剧升高 [7]。近年来, 如何降低烟草中的 TSNA 含量一直是烟草科研工作者的重点。目前对于 TSNA 的研究主要集中在白肋烟低害品种的选育 [2,8]、生长栽培阶段对肥料等的控制 [9] 及调制阶段

对 TSNA 前体物的控制 [10-11] 等方面。在打叶复烤处理环节的研究也侧重于打叶复烤条件对烟叶感官品质及内在化学成分, 烟叶出片率的影响 [12-14] 等方面, 而在打叶复烤环节研究白肋烟烟叶 TSNA 含量的变化相对较少。因此, 本试验以 TSNA 为目标化合物, 探索打叶复烤环节 TSNA 的变化情况及其与常规化学成分之间的关系, 为找到 TSNA 变化的关键点及白肋烟打叶复烤的最优参数提供参考。

收稿日期: 2013-12-19

基金项目: 安徽中烟工业有限责任公司项目 (20092006) 资助。

作者简介: 边文杰, 农艺师。E-mail: bianwenjie717@126.com

\* 通信作者: 舒俊生, 博士, 研究员。E-mail: shujunsheng1975@yahoo.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料由湖北金叶打叶复烤厂提供,共5个模块,分别为T123、BOTF、B2F、C1F及C2F。

### 1.2 取样方法及处理方法

每个模块的样品分别在1次润叶后、2次润叶后、打叶后及复烤后这些热力作用下取样,以未加工的烟叶样品作为对照样。取样应在流量稳定的前提下,按照相同时间间隔连续取样,每次取样量为随机手抓几片,取样次数为50次。样品取样完成后充分混合,按照四分法取样,多余样品再回投到加工过程中,取样后均按照相同步骤进行手工叶梗分离。之后将样品放在40℃烘箱中烘4h,磨粉待测。

### 1.3 化学分析方法

TSNAs测定采用高校液相色谱-串联质谱法测定<sup>[5]</sup>,常规化学成分测定采用连续流动分析法<sup>[15-16]</sup>。

### 1.4 数据处理

数据采用EXCEL2003,SPSS17.0及MINITAB15数据处理软件进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 试验样品TSNAs含量异常分析及方差分析

将T123、BOTF、B2F、C1F及C2F5个模块,打叶复烤环节5个处理环节的所有样品TSNAs含量进行异常值分析,结果如图1所示。从中可以看出NNN有2组数据(10551.27, 8683.58 ng·g<sup>-1</sup>)偏离,NAT有2组数据(5907.92, 4738.30 ng·g<sup>-1</sup>)偏离,NAB也有2组数据(138.71, 129.26 ng·g<sup>-1</sup>)偏离,NNK有3组数据(407.31, 363.74, 347.76 ng·g<sup>-1</sup>)偏离。将这些异常值结合模块分析发现,NNN、NAT、NAB及NNK(347.76 ng·g<sup>-1</sup>)都来自于C2F的原烟样,而NNK(407.31, 363.74 ng·g<sup>-1</sup>)来自T123的打叶样,因此在后面的分析中应将模块C2F的原烟样予以排除,而T123的打叶样由于NNN、NAT及NAB在正常值范围内,应予以保留。

将分布在平均值±3个标准差之外的偏离值排除后的样品采用SPSS软件进行方差分析,得到每个模块、每个处理环节样品TSNAs的平均值及标准偏差,结果如表1所示。

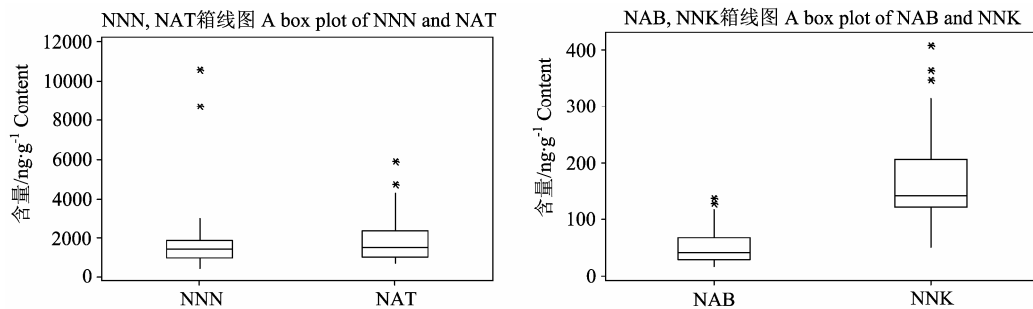


图1 白肋烟TSNAs含量箱线图

Figure 1 A box plot of TSNAs contents in burley tobacco

### 2.2 打叶复烤T123模块烟叶TSNAs含量变化分析

打叶复烤过程中T123模块烟叶TSNAs的变化情况如图2所示(采用LSD进行两两比较,其中a,b,c代表在0.05水平上有显著性差异,下同)。NNN,NAT及NAB的变化趋势基本一致,都是从原烟到打叶逐渐上升,复烤处理环节有所下降,其中打叶处理环节与其他处理环节相比差异显著,复烤,二润,一润及原烟之间无显著性差异。NNK含量是打叶处理环节最高,其次是一润,复烤,二润及原烟相对较低且相互之间差异不显著。

### 2.3 打叶复烤BOTF模块烟叶TSNAs含量变化分析

白肋烟BOTF模块烟叶TSNAs的变化情况如图3所示。NNN含量在一润降低,二润、打叶及复

烤显著上升。NAT及NAB含量变化趋势基本一致,二润、打叶及复烤显著高于一润及原烟。NNK含量打叶最高,其次二润,复烤、一润及原烟较低,3个梯队之间差异显著。

### 2.4 打叶复烤C2F模块烟叶TSNAs含量变化分析

打叶复烤过程中C2F模块烟叶TSNAs的变化情况如图4所示。NNN含量逐渐上升,复烤相对于打叶、二润及一润差异显著,打叶、二润及一润之间无显著性差异。NAT、NAB及NNK含量变化趋势基本一致,都是在打叶处理环节显著上升,复烤处理环节下降,其中复烤、二润及一润之间无显著性差异。

表 1 试验样品平均值及标准偏差

Table 1 Mean and standard deviations of samples

ng·g<sup>-1</sup>

模块 Module	处理环节 Processing step	NNN	NAT	NAB	NNK
T123	烟叶原叶 Crude tobacco	1158.54±206.81	781.40±51.45	29.33±3.03	73.12±32.10
	一润 First conditioning	1357.18±336.14	1390.71±219.96	47.65±12.89	260.51±41.42
	二润 Second conditioning	1447.63±450.25	1304.05±528.85	41.24±14.66	143.50±0.99
	打叶 Threshing	2649.38±243.24	2401.85±115.62	84.70±3.00	385.53±30.81
	复烤 Redrying	1561.00±73.77	1374.24±31.47	39.44±1.88	134.94±9.17
BOTF	烟叶原叶 Crude tobacco	1023.71±283.32	925.36±39.02	26.81±3.24	104.84±2.85
	一润 First conditioning	509.09±97.49	1039.67±8.40	29.94±3.00	129.60±18.67
	二润 Second conditioning	2002.20±722.18	2239.75±106.42	60.47±3.53	217.80±33.36
	打叶 Threshing	2388.49±822.53	2885.59±1204.38	72.98±25.02	291.68±1.97
	复烤 Redrying	1994.47±128.59	2628.05±542.72	68.57±14.39	140.89±4.38
C2F	烟叶原叶 Crude tobacco	1627.07±77.89	2201.01±521.37	63.59±16.57	171.20±5.01
	一润 First conditioning	1636.90±353.93	2322.46±250.38	73.24±12.28	184.11±9.50
	二润 Second conditioning	1859.58±115.13	4009.46±376.08	111.68±8.97	313.87±1.05
	打叶 Threshing	2564.00±187.06	2941.54±269.96	76.13±1.12	197.05±25.77
	复烤 Redrying	1193.80±326.84	1320.06±454.88	36.66±10.58	155.69±66.91
B2F	烟叶原叶 Crude tobacco	1097.45±133.10	1218.05±71.21	38.23±3.14	129.95±1.90
	一润 First conditioning	955.51±150.03	1073.94±83.38	31.52±6.96	120.42±0.56
	二润 Second conditioning	1354.51±80.81	1803.33±325.60	54.61±6.25	177.02±3.18
	打叶 Threshing	1709.86±93.37	1610.83±10.17	41.24±0.08	131.14±10.54
	复烤 Redrying	632.73±134.67	909.57±38.89	24.74±2.40	138.26±1.73
C1F	烟叶原叶 Crude tobacco	657.14±4.71	676.98±0.97	21.61±0.77	97.51±14.80
	一润 First conditioning	497.16±5.83	689.15±28.60	19.04±2.03	99.98±17.69
	二润 Second conditioning	970.55±1.17	1020.11±169.44	26.49±3.68	209.52±13.63
	打叶 Threshing	1153.59±91.80	1407.55±64.12	39.29±4.90	134.90±8.55

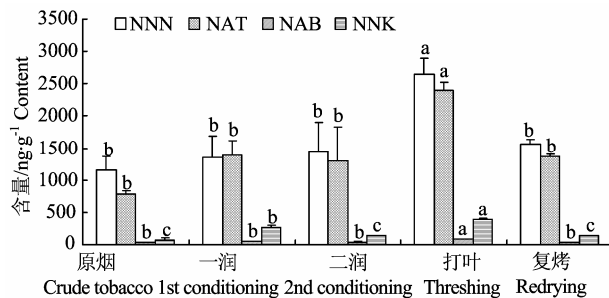


图 2 打叶复烤 T123 模块烟叶 TSNA<sub>s</sub> 含量变化

Figure 2 Changes of TSNA<sub>s</sub> contents in burley tobacco of T123 module in threshing and redrying process

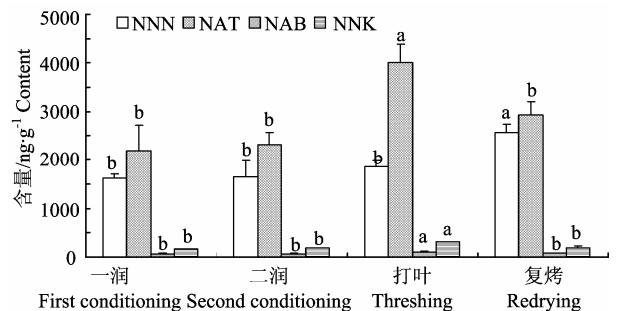


图 4 打叶复烤 C2F 模块烟叶 TSNA<sub>s</sub> 含量变化

Figure 4 Changes of TSNA<sub>s</sub> contents in burley tobacco of C2F module in threshing and redrying process

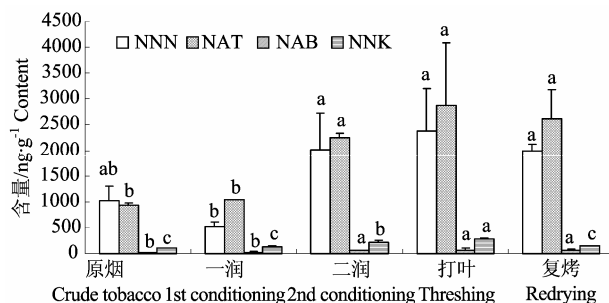


图 3 打叶复烤 BOTF 模块烟叶 TSNA<sub>s</sub> 含量变化

Figure 3 Changes of TSNA<sub>s</sub> contents in burley tobacco of BOTF module in threshing and redrying process

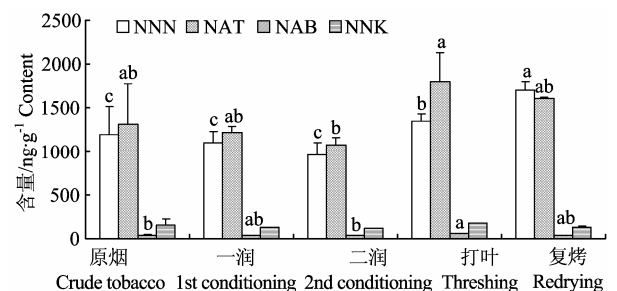


图 5 打叶复烤 B2F 模块烟叶 TSNA<sub>s</sub> 含量变化

Figure 5 Changes of TSNA<sub>s</sub> contents in burley tobacco of B2F module in threshing and redrying process

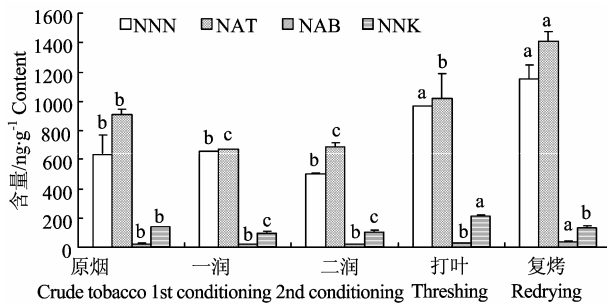


图 6 打叶复烤 C1F 模块烟叶 TSNAs 含量变化

Figure 6 Changes of TSNAs contents in burley tobacco of C1F module in threshing and redrying process

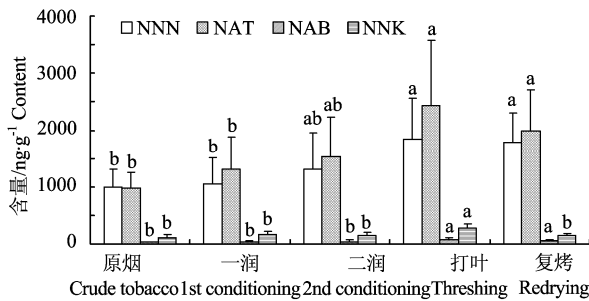


图 7 打叶复烤白肋烟叶 TSNAs 均值变化分析

Figure 7 Changes of average TSNAs contents in burley tobacco in threshing and redrying process

### 2.5 打叶复烤 B2F 模块烟叶 TSNAs 含量变化分析

打叶复烤过程中 B2F 模块烟叶 TSNAs 的变化

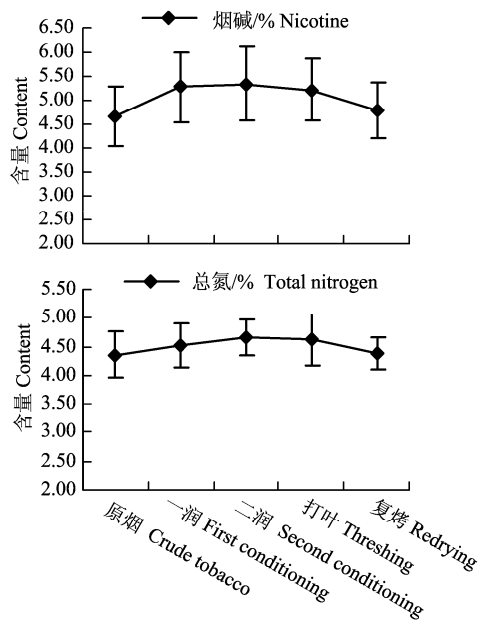
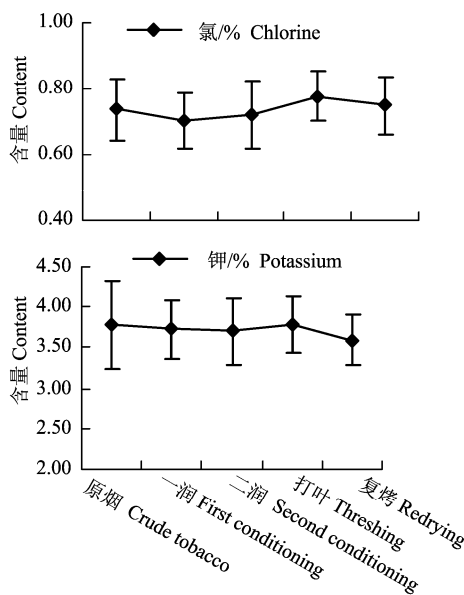


图 8 烟碱、钾、氯和总氮含量变化情况

Figure 8 Changes of nicotine, potassium, chlorine and total nitrogen

### 2.8 打叶复烤白肋烟叶常规化学成分变化情况及其与 TSNAs 之间的相关性

常规化学成分在整个打叶复烤过程中的变化如

情况如图 5 所示。NNN 含量复烤处理环节最高，其次打叶，二润、一润及原烟相对较低。NAT 含量打叶显著高于二润，复烤、一润及原烟居中。NAB 含量打叶显著高于二润及原烟，复烤及一润居中。NNK 含量在整个过程中变化不大。

### 2.6 打叶复烤 C1F 模块烟叶 TSNAs 含量变化分析

白肋烟 C1F 模块烟叶 TSNAs 的变化情况如图 6 所示。NNN 含量复烤及打叶显著高于二润、一润及原烟。NAT 含量复烤显著高于打叶及原烟，打叶及原烟显著高于二润及一润。NAB 含量复烤显著高于打叶、二润、一润及原烟。NNK 含量打叶最高，其次复烤和原烟，二润及一润较低。

### 2.7 打叶复烤所有烟叶样品 TSNAs 均值变化分析

打叶复烤过程中所有试验烟叶 TSNAs 均值的变化情况如图 7 所示。NNN 及 NAT 的变化趋势基本一致，复烤及打叶显著高于一润及原烟，二润居中。NAB 含量复烤及打叶显著高于二润、一润及原烟。NNK 含量打叶处理环节最高，复烤、二润、一润及原烟之间差异不显著。总体来看，在打叶复烤的过程中 TSNAs 含量在打叶处理环节显著上升，在复烤处理环节下降，其中 NNN、NAT 及 NAB 含量经过打叶复烤整个过程显著上升，NNK 含量略有上升但和原烟相比差异不显著。

图 8 所示。可以看出，烟碱及总氮在整个过程中先上升后下降，钾和氯含量变化趋势较一致，打叶处理环节有所上升，复烤处理环节有所下降。但整个

过程中 4 种成分变化不显著, 这说明在相对较短的时间, 处理强度不大的情况下, 烟碱、钾、氯及总氮相对稳定。总体 TSNA 均值与烟碱、总氮、总钾、总氯均值的 Pearson 相关系数  $P$  值分别为: 0.196, 0.752; 0.372, 0.538;  $-0.255, 0.679$ ; 0.786, 0.115。由于  $P$  值均大于 0.05, 所以相关性均不显著, 原因可能是由于数量级上的差异, 痕量 TSNA<sub>s</sub> 容易波动, 而常规化学成分含量相对较大, 不易波动。

### 3 小结与讨论

该试验研究了打叶复烤过程中白肋烟烟叶 TSNA<sub>s</sub> 含量及常规化学成分的变化情况。结果表明, 在打叶复烤的过程中 TSNA<sub>s</sub> 含量在打叶处理环节显著上升, 在复烤处理环节下降, 其中 NNN、NAT 及 NAB 含量经过打叶复烤整个过程显著上升, NNK 含量略有上升但和原烟相比差异不显著; 在打叶复烤的过程中烟碱、钾、氯及总氮含量变化不显著且与 TSNA<sub>s</sub> 无明显相关性。通过该试验发现 TSNA<sub>s</sub> 所包含的 4 种成分在打叶复烤环节变化趋势基本一致, 因此可以寻求用一种方法同时降低 TSNA<sub>s</sub> 4 种成分。打叶处理环节中 TSNA<sub>s</sub> 含量显著增加, 结合 Burton 等的研究推测可能是一润及二润后高温高湿环境条件为烟碱与亚硝酸盐合成 TSNA<sub>s</sub> 的化学反应、微生物介导的硝酸盐至亚硝酸盐转化反应提供了有利的温度及水分条件, 而复烤后 TSNA<sub>s</sub> 降低可能是过高的温度抑制了合成 TSNA<sub>s</sub> 微生物的活性及造成 TSNA<sub>s</sub> 的分解, 相关原因分析有待进一步作梯度试验进行比对研究。打叶复烤过程中 TSNA<sub>s</sub> 含量分析能够为打叶复烤工艺减害提供一定参考价值。

### 参考文献:

- [1] Bush L P, Cui M W, Shi H Z, et al. Formation of tobacco-specific nitrosamines in air-cured tobacco[J]. Recent Advances in Tobacco Science, 2001, 27: 23-46.
- [2] 汪安云, 夏振远, 雷丽萍, 等. 不同白肋烟品种烟草中的特有亚硝胺含量分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(31): 17425-17426.
- [3] Hecht S S, Hoffmann D. Tobacco-specific nitrosamines, an important group of carcinogen in tobacco and tobacco smoke[J]. Commentary American Health Foundation, 1998, 9(6): 875- 884.
- [4] 刘万峰, 王元英. 烟叶中烟草特有亚硝胺(TSNA)的研究进展[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(1): 12-14.
- [5] 史宏志, Bush L P, 黄元炯, 等. 我国烟草及其制品中烟草特有亚硝胺含量及与前体物的关系[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(1): 12-14.
- [6] 杨焕文, 李永忠, 刘彦中, 等. 烟草特有的 N-亚硝胺形成、积累及其影响因素[J]. 烟草科技, 1998(4): 31-33.
- [7] Burton H R, Childs J G H, Anderson R A, et al. Changes in chemical composition of burley tobacco during senescence and curing. 3. Tobacco- specific nitrosamines[J]. J Agric Food Chem, 1989, 37: 426-430.
- [8] 张俊杰, 林国平, 王毅, 等. 白肋烟低 TSNA 含量的品种筛选初探[J]. 中国烟草学报, 2009, 15(3): 54-57.
- [9] 汪安云, 张树堂, 柴家荣, 等. 微肥亚硒酸钠对白肋烟 TSNA 水平的影响[J]. 安徽农业科学, 2004, 32(3): 525-526, 533.
- [10] 魏玉玲, 宋普球, 缪明明. 降低烟草特有 TSNA<sub>s</sub> 含量的微波处理方法综述[J]. 烟草科技, 2002(3):18-19.
- [11] 汪安云, 黄琼. 一株降低烟草特有亚硝胺菌株的分离鉴定及特性研究[J]. 环境科学学报, 2006(11): 1914- 1920.
- [12] 李晓, 姚光明, 穆林, 等. 烟叶复烤前后香味成分的变化[J]. 河南农业科学, 2010(1): 40-46.
- [13] 简辉, 杨学良, 王保兴, 等. 复烤温度对烟叶化学成分及感官质量的影响[J]. 烟草科技, 2006(12): 12-15.
- [14] 罗海燕, 方文青, 谢鑫, 等. 打叶质量与出片率的关系[J]. 烟草科技, 2005(1): 8-10.
- [15] YC /T160-162 - 2002 中华人民共和国行业标准, 烟草及烟草制品 总植物碱, 总氮及总氯的测定 连续流动法[S]. 北京: 国家烟草专卖局, 2007-05-01.
- [16] YC /T217-2007 中华人民共和国行业标准, 烟草及烟草制品 总钾的测定 连续流动法[S]. 北京: 国家烟草专卖局, 2007-05-01.