

不同烘烤方式烘烤过程中烟叶表面腺毛分泌物变化的研究

李章海¹, 潘文杰², 朱晓兰¹, 赵会纳²,
高 芸¹, 谢已书², 杨 俊¹, 朱显灵¹

1 中国科技大学烟草与健康研究中心, 合肥 230051;

2 贵州省烟草科学研究所, 贵阳 550023

摘 要: 为研究不同烘烤方式对烘烤过程中烟叶表面腺毛分泌物含量变化与损失的影响, 选择了传统普通烤房、挂竿密集烤房、散叶密集烤房和框装密集烤房等 4 种烤房类型, 采用 GC-MS 定性, GC-FID 定量的方法, 分析烟叶表面腺毛分泌物含量。结果表明, 挂竿密集烤房和散叶密集烤房烤后烟叶腺毛分泌物总量分别约为传统普通烤房的 50% 和 60%, 并且损失主要发生在干筋期。框装密集烤房烤后烟叶腺毛分泌物总量与传统普通烤房相当。因此, 框装密集烤房是解决目前挂竿密集烤房烟叶香气量损失较大的有效措施之一。

关键词: 烤烟; 烘烤; 密集烤房; 普通烤房; 腺毛分泌物

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2011.06.016

中图分类号: TS441

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2011)06-0081-05

Changes of tobacco leaf trichome exudates during curing under different curing regimes

LI Zhang-hai¹, PAN Wen-jie², ZHU Xiao-lan¹, ZHAO Hui-na², GAO Yun¹, XIE Yi-shu²,
YANG Jun¹, ZHU Xian-ling¹

1 Research Center of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei 230051, China;

2 Tobacco Science Research Institute of Guizhou Province, Guiyang 550023, China

Abstract: Content of trichome exudates in cured leaves from four different curing barns, i. e., traditional rod-hanging barn, rod-hanging bulk-curing barn, loose-leaf bulk curing barn, and basket-holding bulk curing barn, were analyzed by GC-MS and GC-FID method to study effect of different curing regimes on changes of tobacco leaf trichome exudates. Results showed that total content of trichome exudates in cured leaves from rod-hanging bulk-curing and loose-leaf bulk-curing barns were roughly 50% and 60% of those from traditional rod-hanging curing barn. The loss was mainly occurred during stem-drying stage. Content of trichome exudates from basket-holding bulk curing barn leaf was almost equal to that of traditional rod-hanging curing barn leaf. It seemed that basket-holding bulk curing was one of the effective measures to reduce aroma loss caused by rod-hang bulk curing.

Key words: flue-curing tobacco; curing; bulk-curing; traditional barn; trichome exudates

近年来, 密集烤房在我国烤烟生产中的推广应用, 对提高烘烤效率, 减少杂色烟, 改善烟叶外观质量效果明显, 极大地促进了我国烟区烘烤技术的发展。由于烟农烘烤技术的限制, 绝大多数烟区还是采用传统的挂竿方式烘烤, 由于装烟密度较低, 大功率的风机使烤

房内空气流动通畅, 烟叶易于定色和缩短烘烤时间, 但易导致烟叶香气成分的损失, 事实上近年来卷烟工业企业普遍反映密集烤房烘烤的烟叶外观质量明显改善, 但烟叶香气量明显不如以前传统烤房烘烤的烟叶; 另一方面装烟密度低也降低了烘烤效率和烤房利用率。

腺毛分泌物是烤烟致香物质的主要来源之一, 对卷烟香气有着重要影响, 国内外学者开展了大量的研究^[1-43]。但不同烘烤方式对烘烤过程中烟叶腺毛分泌物的变化和影响尚未见报道, 由于腺毛分泌物存在于

作者简介: 李章海, 男, 副教授, 主要从事烟草调控技术和烟叶品质评价的研究, Tel: 0551-3492072 E-mail: lzhai@ustc.edu.cn

基金项目: 贵州烟草专卖局(公司)科技重大专项(合同号: 2007-04)

收稿日期: 2010-12-20

烟叶表面,在烘烤过程中也最易挥发损失。本研究以传统普通烤房(自然通风)为参照,研究密集烤房挂竿、散叶和烟框 3 种装烟方式,对烘烤过程中烟叶腺毛分泌物含量变化与损失的影响,为密集烤房不仅能烤黄,也能解决烤香问题提供科学的烘烤方法。

1 材料与方法

1.1 试验基本情况

试验在贵州省烟草科学研究所福泉基地进行,供试品种为云烟 85,选择田间烟株长势长相整齐、均匀的中棵烟作为烘烤试验材料,在中部叶达到成熟时采收,选择成熟度和烟叶大小相对一致的烟叶分别采用挂竿、散叶和烟框装烟的方式装入不同烤房内,并标记

以便取样。烘烤过程中全程记录各项烘烤工艺参数。

1.2 试验设计

试验采用两种烤房类型三种装烟方式,共设 4 种烘烤处理,分别为,A 处理:密集烤房挂竿装烟;B 处理:传统普通烤房挂竿装烟(不采用任何强制通风设备,完全按照传统工艺烘烤)。C 处理:密集烤房烟框装烟;D 处理:密集烤房散叶装烟;分别在烤前、烘烤 24 h、48 h、72 h、96 h 和烤后等 6 个时期取标记烟样测定烟叶含水率和烟叶腺毛分泌物含量(以干基计)。

1.3 烘烤过程工艺参数

根据烘烤过程中烟叶变化,各烤房灵活采用适合的烘烤工艺,各处理烘烤工艺参数见表 1。

表 1 各处理烘烤工艺参数

烘烤阶段		烤前	24 h	48 h	72 h	96 h	烤后
挂竿 密集 烤房 (A)	干球温度/℃	32.5	37.8	41.3	47.0	56.6	—
	湿球温度/℃	30.0	34.1	35.3	36.4	37.7	—
	烟叶含水率/%	80.4	76.1	68.6	47.5	27.9	10.0
	烟叶变化	成熟	三成黄	八成黄	全黄,部分干叶	干叶	干筋
	通风强度	—	中	中	强	强	强
传统 普通 烤房 (B)	干球温度/℃	32.5	38.0	43.0	48.0	57.0	—
	湿球温度/℃	30.0	35.0	36.0	36.0	37.0	—
	烟叶含水率/%	80.4	78.4	70.2	60.1	15.2	16.3
	烟叶变化	成熟	三成黄	八成黄	全黄	干叶	干筋
	通风强度	—	弱	弱	中	中	弱
烟框 密集 烤房 (C)	干球温度/℃	32.5	34.0	38.5	40.0	51.0	—
	湿球温度/℃	30.0	31.8	34.7	33.0	35.3	—
	烟叶含水率/%	80.4	74.8	70.6	63.6	57.2	12.2
	烟叶变化	成熟	三成黄	七成黄	全黄	部分干叶	干筋
	通风强度	—	中	中	强	强	强
散叶 密集 烤房 (D)	干球温度/℃	32.5	36.7	40.1	43.8	49.6	—
	湿球温度/℃	30.0	32.0	32.4	32.7	35.0	—
	烟叶含水率/%	80.4	77.0	77.7	64.5	54.7	8.0
	烟叶变化	成熟	三成黄	七成黄	全黄	部分干叶	干筋
	通风强度	—	中	中	强	强	强

注:各处理烘烤时间均在 140-145 h 之间。

1.4 烟叶表面物质提取方法

每次各处理选取 20 片烟叶,其中,10 片用于测定烟叶含水率,另 10 片先后在装有 1000 mL 二氯甲烷的三个烧杯中浸洗,在第一只烧杯中浸洗 4 次,每浸 1 次在溶剂中停留 2 s,二氯甲烷稍挥发,在第 2、3 只烧杯中重复上述过程,但每次提取叶片顺序相反。合并提取液,加内标(芳樟醇 1.500 g/250 mL 异丙醇) 0.5 mL,加入烘烤过后的无水 Na₂SO₄(550℃ 马弗炉中烘 4 h)干燥至无水后过滤,过滤后烧杯及滤纸均用二氯甲烷冲洗 2 次。浸提液在温度 40℃ 下,用旋转蒸发仪浓缩至 5 mL,取 1 mL 进行 GC 分析。

1.5 叶表面提取物的分析方法

用美国 Agilent 7890A-5973 GC-MS 气质联用仪定性,Agilent 7890AGC-FID 定量。(1)色谱柱:DB-5(30 m×0.25 mm 0.25 μm)。(2)质谱条件:EI 能量:70 eV;光电倍增器电压(EMV)电压:230V;分子量扫描范围:33-450 au;传输线温度:250℃;离子源温度:170℃。(3)气相色谱条件:载气:He;柱流速:1.5 mL/min;分流流速:60 mL/min;进样口温度:250℃ 检测器温度:250℃;初温:100℃,然后以 4℃/min 升至 180℃,保持 30 min;再以 8℃/min 升至 280℃,保持 25 min;进样量:2.0 μL。

2 结果与分析

2.1 不同烘烤方式烘烤过程中不同腺毛分泌物含量的变化

腺毛分泌物检出茄酮、降茄二酮、西柏烷、西柏三烯一醇、松香油、 α -西柏三烯二醇和 β -西柏三烯二醇等 7 种物质。由表 2 可见,不同烘烤方式烤后烟叶腺毛分泌物含量差异明显,烘烤前后烟叶腺毛分泌物变化也有明显差异。与烤前相比 4 种烘烤方式烤后烟叶腺毛分泌物含量均出现下降的为西柏三烯一醇和松香油,均以挂竿密集烤房降幅最大,框装密集烤房和传统普通烤房降幅较小。与烤前相比 4 种烘烤方式烤后烟叶腺毛分泌物含量均出现上升的为 α -西柏三烯二醇,以挂竿密集烤房和散叶密集烤房升幅较大,而框装密集烤房升幅最小。与烤前相比,茄酮、降茄二酮、西柏烷和 β -西柏三烯二醇烤后烟叶含量 4 种烘烤方式表现出的有的上升,有的下降的变化;其中,茄酮、西柏烷和 β -西柏三烯二醇均以传统普通烤房出现上升;其它烤房为下降,以挂竿密集烤房和散叶密集烤房降幅较大。降茄二酮以框装密集烤房出现上升;其它烤房为下降,以挂竿密集烤房和散叶密集烤房降幅较大。可见,传统普通烤房烤后烟叶多数腺毛分泌物含量较高,而挂竿密集烤房则较低,对烟叶香气量会产生影响。

从表 2 可见,烘烤过程中多数腺毛分泌物含量变化有以下特点。(1) 0-24 h(变黄前期),绝大多数腺毛

分泌物有一定程度的下降,多数腺毛分泌物传统普通烤房和框装密集烤房降幅较小,7 种腺毛分泌物平均降幅分别为 9.8% 和 7.7%;而挂竿密集烤房和散叶密集烤房降幅较大,平均降幅分别为 30.1% 和 14.6%。

(2) 24-48 h(变黄中期) 4 种烘烤方式绝大多数腺毛分泌物有较大幅度的上升,密集烤房烘烤上升幅度大,而普通烤房烘烤上升幅度相对较小;传统普通烤房平均升幅为 22.3%、框装密集烤房平均升幅为 48.6%、挂竿密集烤房平均升幅为 31.6%、散叶密集烤房平均升幅为 35.8%。

(3) 48-72 h(变黄后期),不同腺毛分泌物有升有降,且不同烘烤方式差异较大;其中,传统普通烤房 4 降 3 升,平均增幅为 4.9%;散叶密集烤房也 4 降 3 升,平均降幅为 0.8%;框装密集烤房 5 降 2 升,平均降幅为 2.6%;挂竿密集烤房也 5 降 2 升,平均降幅为 6.0%。

(4) 72-96 h(干叶期,散叶和框装仅部分干叶),不同腺毛分泌物有升有降,且不同烘烤方式差异较大;其中,传统普通烤房 4 降 3 升,平均降幅为 1.2%;散叶密集烤房也 5 降 2 升,平均增幅为 1.2%;框装密集烤房 7 降 0 升,平均降幅为 12.6%;而挂竿密集烤房也 0 降 7 升,平均增幅为 11.5%。

(5) 96 h-烤后(干筋期) 4 种烘烤方式绝大多数腺毛分泌物呈现下降趋势,但传统普通烤房腺毛分泌物下降较小或略有上升,但密集烤房多数腺毛分泌物下降幅度大;传统普通烤房平均降幅为 4.0%、框装密集烤房平均降幅为 13.3%、挂竿密集烤房平均降幅为 36.0%、散叶密集烤房平均降幅为 32.6%。

表 2 不同烘烤方式对烘烤过程中腺毛分泌物含量变化的影响

处理	挂竿	传统	框装	散叶	挂竿	传统	框装	散叶	挂竿	传统	框装	散叶	挂竿	传统	框装	散叶
	密集	普通	密集	密集	密集	普通	密集	密集	密集	普通	密集	密集	密集	普通	密集	密集
	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房	烤房
化合物/($\mu\text{g/g}$)	茄酮($\text{C}_{13}\text{H}_{22}\text{O}$)				降茄二酮($\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{O}_2$)				西柏烷($\text{C}_{20}\text{H}_{32}$)				西柏三烯一醇($\text{C}_{20}\text{H}_{34}\text{O}$)			
烤前	30.7	30.7	30.7	30.7	15.6	15.6	15.6	15.6	67.3	67.3	67.3	67.3	32.1	32.1	32.1	32.1
24 h	19.6	28.8	25.8	21.3	10.6	12.2	15.3	11.7	38.7	58.5	55.4	37.1	24.0	29.1	30.1	31.6
48 h	23.9	30.4	38.8	25.4	10.5	10.4	16.8	14.1	51.2	86.2	112.1	55.6	32.4	34.1	40.7	43.6
72 h	23.2	30.1	30.8	28.9	9.3	10.2	14.9	12.4	70.7	113.9	80.2	87.1	24.9	31.3	46.2	30.8
96 h	26.6	31.0	26.3	28.7	12.1	10.7	11.2	11.8	73.3	107.6	74.6	101.3	26.1	30.4	40.9	28.6
烤后	18.3	31.9	27.3	20.2	7.3	12.2	16.3	9.3	3.2	96.6	58.3	26.6	19.1	28.1	28.2	24.2
烤前烤后增减/%	-40.5	3.7	-41.0	-34.3	-53.1	-22.0	4.6	-40.4	-95.3	43.6	-13.3	-60.5	-40.5	-12.4	-12.1	-24.7
化合物/($\mu\text{g/g}$)	松香油($\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}$)				α -西柏三烯二醇($\text{C}_{20}\text{H}_{34}\text{O}_2$)				β -西柏三烯二醇($\text{C}_{20}\text{H}_{34}\text{O}_2$)				腺毛分泌物总量			
烤前	421.3	421.3	421.3	421.3	61.2	61.2	61.2	61.2	15.8	15.8	15.8	15.8	644.0	644.0	644.0	644.0
24 h	293.9	326.0	422.3	333.5	54.6	73.1	57.8	94.8	10.4	13.5	14.8	10.3	451.8	541.1	621.5	540.4
48 h	327.9	313.3	553.2	461.9	102.7	109.4	78.8	133.7	13.9	20.9	25.8	14.9	562.4	604.7	866.3	749.0
72 h	290.4	343.4	541.4	387.8	58.7	74.7	118.6	65.0	15.5	28.4	20.7	19.6	492.7	631.9	852.9	631.6
96 h	351.8	289.7	455.3	386.7	56.1	86.5	115.2	55.8	17.2	26.1	18.3	23.4	563.2	581.9	741.9	636.2
烤后	163.0	327.3	370.7	200.0	74.4	70.6	61.5	74.7	10.7	20.5	13.9	6.1	295.9	587.2	576.3	361.0
烤前烤后增减/%	-61.3	-22.3	-12.0	-52.5	21.5	15.4	0.5	22.0	-32.3	29.6	-12.1	-61.3	-54.1	-8.8	-10.5	-43.9

2.2 不同烘烤方式烘烤过程中腺毛分泌物总量的变化

由表 2 可见,烘烤过程中 4 种烘烤方式腺毛分泌物总量烤后烟叶与烤前相比,均有一定程度下降,但降幅差异明显。挂竿密集烤房腺毛分泌物总量降幅最大,传统普通烤房降幅最小。挂竿密集烤房腺毛分泌物总量损失量是传统普通烤房 6.1 倍,而框装密集烤房与传统普通烤房腺毛分泌物总量损失量差异不明显。烘烤过程中腺毛分泌物总量变化,传统普通烤房腺毛分泌物总量变化幅度较小,呈“下降——小幅上升——

下降平缓”的变化趋势;挂竿密集烤房在烘烤 0-96 h,与传统普通烤房腺毛分泌物总量变化趋势相近,但下降幅度大于传统普通烤房,96 h 至烘烤结束腺毛分泌物总量有明显大幅下降的过程。散叶密集烤房和框装密集烤房腺毛分泌物总量变化幅度较大,呈“小幅下降——大幅上升——大幅下降”的变化趋势,但散叶密集烤房上升幅度小于框装密集烤房,而下降幅度大于框装密集烤房。4 种烘烤方式腺毛分泌物总量变化可用表 3 进行归纳描述。

表 3 不同烘烤方式腺毛分泌物总量变化描述

处 理	变黄前期 (0-24 h)	变黄中期 (24-48 h)	变黄后期至干叶期 (72-96 h)	干筋期 (96 h-烤后)
传统普通烤房	下降,总量居中	上升,总量第三	平稳,总量第三	平稳,总量最高
挂竿密集烤房	下降,总量最低	上升,总量最低	平稳,总量最低	下降,总量最低
散叶密集烤房	下降,总量居中	上升,总量次高	下降,总量次之	下降,总量第三
框装密集烤房	下降,总量最高	上升,总量最高	下降,总量最高	下降,总量次高

3 结论

3.1 不同烘烤方式烘烤过程中烟叶腺毛分泌物损失量差异明显,传统普通烤房烘烤过程中烟叶腺毛分泌物总量变化幅度较小,与烤前相比单位重量损失最少(仅约 9%);而目前我国烟区广泛应用的挂竿密集烤房烘烤过程中烟叶腺毛分泌物总量损失量是传统普通烤房 6 倍多,烤后烟叶腺毛分泌物总量仅为传统普通烤房的约 50%。由于腺毛分泌物是烤烟致香物质的主要来源之一,对卷烟香气有着重要影响,本研究结果一定程度上解释了近年来卷烟工业企业普遍反映挂竿密集烤房烘烤的烟叶明显不如以前传统烤房烘烤的烟叶香气量足的现象。

3.2 挂竿密集烤房在干叶期前(96 h 前)尽管烟叶腺毛分泌物总量一直低于传统普通烤房,但差异不明显。干筋期(96 h 后)挂竿密集烤房烟叶腺毛分泌物总量出现大幅下降,因此,与传统普通烤房相比,挂竿密集烤房腺毛分泌物总量损失主要发生在干筋期。

3.3 散叶密集烤房烟叶腺毛分泌物总量在变黄中期(24-48 h)出现一个幅度较大的上升阶段,烟叶腺毛分泌物总量高于传统普通烤房烟叶。但在变黄后期(48-72 h)和干筋期出现两个幅度较大的下降阶段,导致烤后烟叶腺毛分泌物总量约为传统普通烤房的 60%。

3.4 框装密集烤房烟叶腺毛分泌物总量在变黄中期(24-48 h)也出现一个大幅上升阶段,烟叶腺毛分泌物

总量比传统普通烤房烟叶约高 43%。变黄中期至烘烤结束一直呈下降趋势,最终烤后烟叶腺毛分泌物总量低于传统普通烤房不到 2%,几乎无差异。因此,密集烤房采用烟框装烟的方式烘烤是解决目前挂竿密集烤房烟叶香气量损失较大的有效措施之一,应进一步深入研究。

4 讨论

4.1 烟草腺毛分泌物在烘烤过程中发生降解生成一些易挥发的香气成分(如,茄酮、降茄二酮等)而损失一部分是不可避免的,本研究是比较烟叶相对含量的损失,如考虑烘烤过程中干物质损失,腺毛分泌物绝对损失量更多。烘烤过程中腺毛分泌物含量的升降主要是腺毛分泌物的分解损失与烟叶干物质分解消耗的相对量变化引起的,如本研究变黄前期(0-24 h)腺毛分泌物含量呈下降趋势,主要是此阶段温度较低,干物质分解消耗速度小于腺毛分泌物损失速度引起的相对下降;变黄中期(24-48 h)腺毛分泌物含量呈上升趋势,主要是此阶段烟叶干物质呼吸消耗多,从而引起腺毛分泌物含量相对上升。

4.2 目前,关于烟草腺毛分泌物在烘烤过程中损失原因研究尚未见报道,从本研究不同烘烤方式烘烤过程中烟叶腺毛分泌物变化规律分析,烟叶腺毛分泌物的损失主要借助于烟叶间空气流动而损失,如挂竿密集烤房和普通烤房在变黄前中期烟叶腺毛分泌物总量明

显低于框装密集烤房和散叶密集烤房,主要是挂竿装烟密集烤房空气容易经过烟叶之间流动(或经过烟叶间风速较快),导致烟叶腺毛分泌物损失较多;而框装密集烤房和散叶密集烤房由于装烟密度大,经过烟叶间空气流速较慢,从而烟叶腺毛分泌物损失较少。烘烤后期(特别干筋期)烟叶失水收缩,烟叶之间空隙增大,加上密集烤房风机的作用,经过烟叶间空气流速加快,从而烟叶腺毛分泌物损失较多,而传统普通烤房是采用自然通风的方式,经过烟叶间空气流速相对较慢,从而烟叶腺毛分泌物损失较少。可见,经过烟叶间的风速是导致烟叶腺毛分泌物损失的主要原因,装烟密度大小决定经过烟叶间的空气流动速度,密集烤房采用烟框装烟的方式增加了装烟密度,减少了烘烤前期的烟叶腺毛分泌物损失,从而保证了烤后烟叶具有与传统普通烤房相当的腺毛分泌物含量,改善了密集烤房烘烤导致的烟叶香气量不足的问题;并提高了密集烤房的烘烤效率,节省生产成本。

4.3 需要指出的一些产区采用挂竿密集烤房烘烤结束后,为了加速回潮仍采用高档风速向烤房内鼓风加湿,这也可能是造成香气损失的原因之一。

参考文献

- [1] Dell B, McComb J A. Plant resins-their formation, secretion and possible functions [J]. *Adv Bot Res*, 1978, 6: 276-316.
- [2] Fahn A. Secretory tissues in plants [J]. *New Phytol*, 1988, 108: 229-257.
- [3] Kandra L, Wagner G J. Studies of the site and mode of bio-

synthesis of tobacco trichome exudates components [J]. *Arch Biochem Biophys*, 1988, 265: 425-432.

- [4] Keene C K, Wagner G J. Direct demonstration of davatrienediol biosynthesis in glandular heads of tobacco trichomes [J]. *Plant Physiol*, 1985, 79: 1026-1032.
- [5] Onishi I, et al. Studies on the essential oils of tobacco leaves. I. Acid fraction, II. Carbonyl fraction, III. Phenol fraction [J]. *Agr Chem Soc Japan B*, 1955, 19: 137-152.
- [6] Onishi I, et al. Studies on the essential oils of tobacco leaves. II. Acid fraction, III. Carbonyl fraction, IV. Phenol fraction, V. Neutral fraction, VI. Acid fraction (2), VII. Phenol fraction (2) [J]. *Japan Monopoly Corp*, 1956, 96: 53-78.
- [7] Onishi I, Nagasawa M. Studies on the essential oils of tobacco leaves. VII. Carbonyl fraction (2) [J]. *Agr Chem Soc Japan B*, 1957, 21: 38-42.
- [8] Onishi I, Tomita H, Fukuzumim T. Studies on the essential oils of tobacco leaves. XV. Neutral fraction (2) [J]. *Agr Chem Soc Japan B*, 1957, 21: 239-242.
- [9] Chakraborty M K, Weybrew J A. The chemistry of tobacco trichomes [J]. *Tob Sci*, 1963, 7: 122-127.
- [10] 左天觉. 烟草的生产、生理与生物化学[M]. 朱尊权, 等译. 上海: 上海远东出版社, 1993.
- [11] 孔光辉, 宗会. 不同部位成熟烟叶腺毛密度及其分泌物的研究[J]. *中国农学通报* 2006, 22(12): 108-110.
- [12] 周金仙. 不同生态条件下烟草品种烟叶腺毛密度的变化[J]. *中国农学通报* 2007, 23(7): 156-159.
- [13] 冀浩, 李雪君, 赵永振, 等. 浸提叶面分泌物对烤烟品质的影响[J]. *中国烟草科学* 2008, 29(2): 13-17.

Jing Yang, Yu Zhou, Jia Yuan Yang, Wei Gang Lin, Ya Jing Wu, Na Lin, Jun Wang, and Jian Hua Zhu. Capturing Nitrosamines by Zeolite MCM-22: Effect of Zeolite Structure and Morphology on Adsorption. J. Phys. Chem. C 2010, 114, 9588-9595.

Abstract: The activity of zeolite MCM-22 in trapping nitrosamines, a class of well-known carcinogenic environmental pollutants, is reported in this article for the first time. MCM-22 possesses a set of unique porous structures and morphologies, making it possible to trap both volatile nitrosamines and bulky tobacco specific nitrosamines. Liquid adsorption and instantaneous gaseous adsorption methods have been employed to study the impact of morphology on MCM-22's ability in adsorbing nitrosamines in both gaseous and liquid media. As-synthesized MCM-22 was subjected to different treatments to induce morphological changes. SEM revealed a special rose-like appearance. The effects of these morphological modifications on MCM-22's adsorption capacities was studied and compared to NaY and NaZSM-5. The results obtained seem to suggest that enhanced collision probability between adsorbate and adsorbent may have an important role to play for MCM-22. Furthermore, the treatments created mesopores in MCM-22 that enhance mass transport within its hierarchical structure.