

## 不同温湿度发酵条件对晒黄烟中性致香物质的影响

于建军<sup>1</sup>, 杨永锋<sup>1</sup>, 李琳<sup>2</sup>, 王豹祥<sup>2</sup>, 刘学芝<sup>1</sup>, 庞天河<sup>1</sup>, 郭玮<sup>1</sup>

(1. 河南农业大学国家烟草栽培生理生化研究基地, 郑州 450002; 2. 武汉烟草集团技术中心, 武汉 430051)

**摘要:** 为探讨不同温湿度发酵条件对宁乡晒黄烟中性致香物质的影响, 选取上部叶和中部叶, 在 4 种温湿度发酵条件下发酵 30 d, 利用气质联用法测定中性致香物质含量的变化。结果表明, 所测 6 类中性致香物质在发酵过程中均有不同程度增加, 其中赖百当类转化产物增加最多, 其次为棕色化反应产物、类胡萝卜素转化产物、类西柏烷类转化产物、苯丙氨酸转化产物, 新植二烯略有降低。不同温湿度发酵条件下, 以中温高湿的发酵条件在 20~24 d 中性致香物质增幅较大, 而中温低湿或低温中湿条件下中性致香物质缓慢增加, 拉长了发酵时间, 高温中湿不利于生成致香物质的积累, 同时内含物消耗较多。

**关键词:** 宁乡晒黄烟, 发酵, 温度, 湿度, 中性致香物质

**中图分类号:** TS439.3

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-6819(2008)-12-0279-04

于建军, 杨永锋, 李琳, 等. 不同温湿度发酵条件对晒黄烟中性致香物质的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 279-282.

Yu Jianjun, Yang Yongfeng, Li Lin, et al. Effects of different temperatures and moistures on neutral aroma components of sun-cured yellow tobacco during fermentation[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(12): 279-282.(in Chinese with English abstract)

### 0 引言

致香物质是反映烟叶质量的重要品质因素之一。烟叶的香气、香气量和香型风味决定于烟叶中多种致香成分的组成、含量、比例及其相互作用<sup>[1-4]</sup>。烟叶发酵是烟叶吸食品质形成过程中的一个重要环节。烟叶发酵过程中发生复杂的物理、化学变化, 烟叶青杂气和刺激性下降, 香气显露, 可用性提高, 对品质改善起到明显的作用。宁乡晒黄烟是中国所特有的晒晾烟之一, 具有巨大的潜在开发前景, 也是中国发展“中式卷烟”的特色原料之一。目前, 对于烟叶在发酵过程中致香物质的研究已经有许多报道, 但多涉及烤烟<sup>[5-11]</sup>、白肋烟<sup>[12]</sup>, 而对晒黄烟尚未见到报道, 本文对宁乡晒黄烟不同温湿度发酵条件下中性致香物质含量的变化进行了分析, 旨在探讨晒黄烟发酵温湿度条件对烟叶香气质量风格的影响, 为相关研究和合理利用烟叶原料提供参考。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

材料选自湖南省宁乡县烟区 2004 年收购的晒黄烟, 品种为“寸三皮”, 部位为上部叶和中部叶。

#### 1.2 试验设计

本试验为人工发酵试验, 将两个等级烟叶各 5.0 kg 分别放置于恒温恒湿箱(LRH-150-S II 恒温恒湿箱, 微电脑控制, 广东省医疗器械厂)中, 设计不同的温湿度条件进行发酵预试验, 筛选出 4 个发酵条件, 试验处理如表 1 所示。

表 1 人工发酵试验设计

Table 1 Experimental design of artificial fermentation

处理	温度/℃	湿度/%
T1 (中温高湿)	45	80
T2 (中温低湿)	45	60
T3 (低温中湿)	35	70
T4 (高温中湿)	50	70

收稿日期: 2007-04-23 修订日期: 2008-10-27

基金项目: 国家烟草专卖局资助项目 (1102001011003B)

作者简介: 于建军 (1957-), 男, 山东文登人, 副教授, 长期从事烟草化学和烟草加工工艺研究。郑州 河南农业大学农学院烟草系, 450002。Email: yujj5655@163.com

各处理条件下每隔 6 d 取一次样, 每次取样 0.5 kg, 共取 5 次 (发酵 30 d)。取出的样品切成烟丝, 混合均匀后取 0.1 kg 烟丝在 40℃ 条件下烘干至恒质量, 粉碎过 60 目筛后于 4℃ 冰箱中保存, 用于中性致香物质含量的测定。

#### 1.3 中性致香物质的测定及分类

称取 10.0 g 粉碎烟叶样品, 用水蒸汽同步蒸馏装置提取烟叶中的致香成分, 将提取液用二氯甲烷进行萃取浓缩后, 取浓缩样 2.0 μL 用日本岛津气质联用仪 GC/MS-QP-5000 进行鉴定结果和 NIST 库检索定性。GC/MS 分析条件如下: 色谱柱: SE-54 (30 m×0.25 mm)。载气及流速: He, 1 mL/min; 升温程序: 100℃  $\xrightarrow{10.0^\circ\text{C}/\text{min}}$  180℃ (2 min)  $\xrightarrow{14.0^\circ\text{C}/\text{min}}$  250℃ (5 min); 检测器温度: 250℃; 进样口温度: 280℃; 电离能: 70 eV; 检测电压: 1.35 kV; MS 谱库: NIST62; 质量数范围: 33~450 u。假定相对校正因子为 1, 采用内标法定量。

中性致香物质依据史宏志等<sup>[13,14]</sup>的分类方法, 共分为 6 大类: (1) 苯丙氨酸转化产物 (苯甲醇、苯乙醇); (2) 棕色化反应产物 (糠醛、5-甲基-2-糠醛); (3) 类西柏烷类转化产物 (茄酮); (4) 赖百当类转化产物 (降龙涎香醚); (5) 类胡萝卜素转化产物 (β-大马酮、二氢大马酮、香叶基丙酮、巨豆三烯酮 a、巨豆三烯酮 b、巨豆三烯酮 c、巨豆三烯酮 d、合金欢基丙酮); (6) 新植二烯。

### 2 结果与分析

#### 2.1 不同处理对晒黄烟苯丙氨酸代谢产物含量的影响

烟草中苯丙氨酸类的代谢转化产物苯甲醇 (醇香)、苯乙醇 (醇香) 是烟草中含量较丰富的致香成分。从表 2 可以看出, 对于上部叶, T1 和 T2 处理发酵 6 d 后代产物含量达到最高值, 之后 T1 处理的含量逐渐下降, T2 处理发酵 6 d 以后显著下降, 24 d 以后有所回升。T3 处理发酵前 6 d 变化不大, 之后显著增加, 发酵末期达到最大值。T4 处理发酵 24 d 达到最大值, 之后迅速下降。不同处理对中部叶的影响不同于上部烟叶, T1 处理发酵初期苯丙氨酸代谢产物含量明显增加。后期有所降低, 但是末期又显著提高。T3 和 T4 处理在发酵前 12 d 有所降低, 18 d 时显著提高, 之后又显著降低, 且以处理 T4 降低幅度最大。T2 处理在发酵开始后含量下降, 后期略有回升, 但一直低于未发酵的烟叶。

表 2 晒黄烟发酵过程中苯丙氨酸类代谢产物总量的变化  
Table 2 Changes of hypoglycemia compounds of sun-cured yellow tobacco leaf in the fermentation processing

时间/d	处 理							
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	上部				中部			
0	6.92	6.92	6.92	6.92	14.80	14.80	14.80	14.80
6	10.31	9.91	6.80	8.79	16.54	11.37	13.90	12.64
12	10.18	6.20	9.73	8.20	15.20	11.50	10.62	12.55
18	9.69	8.27	10.33	7.43	15.91	11.32	15.30	16.86
24	9.92	7.27	9.75	10.88	12.96	13.18	14.24	12.06
30	9.00	9.11	10.62	7.81	16.23	13.44	15.23	11.35

2.2 不同处理对晒黄烟棕色化反应产物含量的影响

在不同的温湿度条件下，烟叶发酵过程中棕色化反应产物含量变化如表 3 所示，上部叶 T1 处理发酵 18 d 时棕色化反应产物含量达到最大值。T2 处理发酵前 6 d 增量较大，之后开始下降，30 d 时略有上升。T3 处理随发酵时间的延长呈稳步增加的趋势，到发酵末期增至 48  $\mu\text{g/g}$ ，增幅显著。T4 处理在发酵 6 d 后增加到 40  $\mu\text{g/g}$  左右，之后变化幅度不大。中部叶，T1 处理棕色化反应产物含量有缓慢增加的趋势，但是增幅不大。其他 3 种人工处理含量呈降低的趋势。发酵末期 T2 处理棕色化反应产物含量有所回升，但低于 T1 处理。

上部叶在发酵过程中棕色化反应产物总量都是有所增加的，其主要原因是上部叶中蛋白质和淀粉含量均较高，在高温高湿发酵条件下，这些物质进一步降解，生成棕色化反应产物；中部烟叶由于蛋白质和淀粉含量低于上部叶的含量，因此在发酵过程中其棕色化反应产物的合成速度较小。

表 3 晒黄烟发酵过程中棕色化反应产物总量的变化  
Table 3 Changes of maillard reaction compounds of sun-cured yellow tobacco leaf in the fermentation processing

时间/d	处 理							
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	上部				中部			
0	24.21	24.21	24.21	24.21	41.47	41.47	41.47	41.47
6	33.19	42.95	35.82	41.29	46.50	31.01	42.40	28.60
12	25.74	34.62	34.16	38.07	44.00	25.56	33.68	38.15
18	58.48	29.46	43.93	40.55	47.60	30.06	43.70	24.76
24	40.73	27.26	42.51	39.32	46.70	29.30	37.50	26.36
30	36.35	37.09	48.00	42.30	46.70	43.40	35.60	28.55

2.3 不同处理对晒黄烟类西柏烷代谢产物含量的影响

类西柏烷化合物在高温高湿条件下降解速度较大，发酵过程中茄酮含量的变化如表 4 所示，上部叶 T1 处理茄酮量变化幅度不大，18 d 后缓慢下降；T4 处理发酵前 6 d 茄酮含量显著增加，6 d 后缓慢下降；T2 处理和 T3 处理茄酮含量缓慢上升。中部叶 T1 处理发酵过程中茄酮含量增幅明显；T2 处理发酵前 18 d 茄酮含量变化不大，18 d 之后茄酮含量显著增加，增幅大于处理 T1；T3 处理茄酮含量变化不大；T4 处理发酵前 12 d 茄酮含量增幅较大，12 d 以后有所降低。

2.4 不同处理对晒黄烟赖百当代谢产物含量的影响

从表 5 中可以看出，上部叶赖百当类代谢产物含量明显升高，T1 处理发酵前 18 d 降龙涎香醚含量增幅最大，后期有所降

低；T2 处理呈逐渐上升趋势；T3 和 T4 处理在发酵前期有所增加，后期略降。中部叶 T1、T2 和 T3 处理发酵前 18 d 降龙涎香醚含量变化不大，之后含量都是增加的趋势，发酵 30 d 达到了最大值，且 T1>T2>T3。T4 处理发酵前 24 d 呈逐渐上升趋势，30 d 时略有降低。

表 4 晒黄烟发酵过程中类西柏烷类代谢产物总量的变化  
Table 4 Changes of cembratriendrid compounds of sun-cured yellow tobacco leaf in the fermentation processing

时间/d	处 理							
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	上部				中部			
0	105.42	105.42	105.42	105.42	99.27	99.27	99.27	99.27
6	111.93	118.00	105.50	137.92	109.10	99.91	95.40	116.86
12	108.70	111.10	115.18	126.00	126.50	97.75	101.39	120.48
18	108.70	112.80	116.30	120.90	124.70	104.25	100.32	91.10
24	102.00	112.00	118.00	134.60	131.50	121.23	106.63	100.40
30	99.60	114.00	124.50	119.40	125.30	143.66	109.10	106.52

表 5 晒黄烟发酵过程中赖百当类代谢产物总量的变化  
Table 5 Changes of labdanums compounds of sun-cured yellow tobacco leaf in the fermentation processing

时间/d	处 理							
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	上部				中部			
0	6.15	6.15	6.15	6.15	20.32	20.32	20.32	20.32
6	13.40	7.20	9.20	11.03	24.20	25.40	14.87	19.33
12	14.90	9.90	11.35	13.40	19.00	22.22	16.60	24.60
18	16.79	9.76	11.60	10.38	19.30	21.19	16.37	30.41
24	14.40	11.86	9.90	12.97	31.95	18.18	22.10	36.81
30	15.00	12.92	10.15	10.62	33.00	29.28	22.30	26.68

2.5 不同处理对晒黄烟类胡萝卜素代谢产物含量的影响

从表 6 可以看出，上部叶 T1 和 T3 处理类胡萝卜素降解物质含量增幅较大，其中 T1 处理在发酵前 24 d 类胡萝卜素代谢物质含量呈缓慢升高的趋势，但在发酵末期含量降低；T3 处理在发酵前 12 d 类胡萝卜素降解物质增加幅度不大，但到发酵 18 d 时降解产物含量达到最大值，之后变化幅度不大。T2 和 T4 处理类胡萝卜素降解产物含量总体上变化不大。

表 6 晒黄烟发酵过程中类胡萝卜素类代谢产物总量的变化  
Table 6 Changes of dissolution of carotenoid of sun-cured yellow tobacco leaf in the fermentation processing

时间/d	处 理							
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	上部				中部			
0	156.54	156.54	156.54	156.54	95.93	95.93	95.93	95.93
6	182.21	169.20	174.00	159.45	124.78	114.03	103.00	134.43
12	177.00	162.70	172.60	158.72	111.00	103.18	106.52	134.03
18	193.00	176.73	222.00	161.51	125.00	115.00	103.30	93.04
24	198.86	161.00	213.00	186.58	162.00	100.00	118.75	110.02
30	170.25	186.76	220.00	162.00	168.00	100.40	137.05	106.52

中部叶在发酵前 6 d, 各处理类胡萝卜素降解产物含量均增加, 且  $T4 > T1 > T2 > T3$ 。T1 处理在发酵 18 d 以后降解产物含量迅速增加, 30 d 达到最大值, 明显高于其他处理; T2 处理发酵 6 d 以后趋于稳定; T3 处理发酵 18 d 以后呈增加趋势, 30 d 达到最大值。T4 处理在发酵 12 d 以后类胡萝卜素降解产物含量明显降低, 发酵后期有所回升, 但是低于发酵前期类胡萝卜素降解产物含量。

在发酵前期温度和湿度较高的情况下, 类胡萝卜素会有一个较快的降解, 但是不同温湿度组合条件下, 类胡萝卜素类物质降解产物进一步降解的速度不同。T3 呈逐渐增加的趋势, 而 T4 呈下降趋势, 表明较高的温度降解速度较快。

## 2.6 不同处理对晒黄烟新植二烯含量的影响

新植二烯的变化如表 7 所示, 晒黄烟新植二烯含量在 100~400  $\mu\text{g/g}$  之间, 上部叶发酵过程中含量略高于中部叶含量。上部叶 T1 和 T3 处理在发酵前期新植二烯含量显著升高, 且增幅  $T1 > T3$ , 后期两个处理新植二烯含量显著降低, 降低幅度  $T3 > T1$ ; T2 处理发酵前 18 d 新植二烯降低幅度不大, 后期含量显著降低; T4 处理发酵前 24 d 新植二烯含量变化不大, 30 d 显著降低。中部叶发酵过程中新植二烯的变化与上部叶相似, T1 和 T3 处理在发酵初期新植二烯含量显著增加, 后期显著降低, T1 处理在发酵初期的增幅和后期的降幅都要大于处理 T3; T2 处理新植二烯含量呈缓慢降低趋势; T4 处理新植二烯降解幅度较大, 新植二烯含量显著降低。

发酵前期新植二烯含量增加, 是因为烟叶中残留的叶绿素会降解产生新植二烯, 且其含量高于相同条件下新植二烯的降解量。这与发酵过程中上部叶新植二烯含量略高于中部叶含量相吻合, 因为烟叶在未发酵前, 上部叶叶绿素含量高于中部叶。

表 7 晒黄烟发酵过程中新植二烯含量的变化

Table 7 Changes of neophytadiene of sun-cured yellow tobacco leaf in the fermentation processing

时间 /d	处 理							
	上部				中部			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
0	287.61	287.61	287.61	287.61	260.74	260.74	260.74	260.74
6	378.08	287.63	342.03	273.21	338.13	252.04	307.07	210.03
12	328.03	289.39	320.02	258.07	280.69	218.03	234.02	200.83
18	280.02	270.78	316.02	264.92	248.71	254.57	211.12	144.95
24	328.04	161.77	239.18	287.81	188.25	234.12	199.03	197.04
30	288.39	170.05	203.04	219.31	171.76	213.42	211.08	131.78

## 3 结 论

1) 在对宁乡晒黄烟人工发酵的不同温湿度处理中, 中性致香物质的变化趋势为: 新植二烯含量总体下降, 对晒黄烟质量

风格贡献较大的类胡萝卜素转化产物、类西柏烷代谢产物、苯丙氨酸转化产物和赖氨酸类转化产物含量均随着发酵时间延长而增加; 棕色化产物含量上部叶表现为增加趋势, 中部叶在高温和中湿条件下损失较多。

2) 在不同温湿度发酵处理中, 以中温高湿, 在 20~24 d 的发酵条件下, 烟叶的发酵较为理想, 在此发酵条件下, 烟叶达到适度发酵, 内含物消耗少, 生成致香物质多, 烟叶色泽均匀、鲜亮, 烟叶品质得到改善; 中温低湿条件下, 由于湿度较低, 发酵速度较慢, 发酵后烟叶色泽鲜亮, 欲生成较多的致香物质, 需要适当延长发酵时间, 但烟叶内含物会消耗过多, 导致烟叶重量下降, 制造成本增加; 高温中湿条件下, 发酵速度最快, 生成致香物质速度最快, 但分解损失也最多, 内含物消耗量最大, 烟叶色泽暗淡。

本条件下的研究结果, 为晒黄烟人工发酵研究提供一些新思路和新方法, 但是不同卷烟企业不同产品中使用发酵后烟叶的目的不一致, 因此对发酵终止时的质量要求也不一致, 因此, 实际生产应用还需进一步深入研究。

## [参 考 文 献]

- [1] 左天觉, 著. 朱尊权, 译. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 上海: 上海远东出版社, 1993: 386-396.
- [2] Weeks W W. Differences in aroma, chemistry, solubilities, and smoking quality of cured flue-cured tobaccos with aglandular and glandular trichomes[J]. *Agric Food Chem*, 1992, 40: 1911-1917.
- [3] 施卫省, 唐 辉, 王亚明, 等. 控释肥料性质及其对烟草生长影响的研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(1): 6-8
- [4] 周冀衡, 杨虹琦, 林桂华. 不同烤烟产区烟叶中主要挥发性香气物质的研究[J]. *湖南农业大学学报*, 2004, 30(1): 20-23.
- [5] 朱大恒. 烤烟发酵过程中品质及香吃味的形成[J]. *河南农业科学*, 1997, (3): 5-8.
- [6] 朱大恒, 韩锦峰, 于建春, 等. 烤烟自然醇化和人工发酵过程中香气成分变化的研究[J]. *中国烟草学报*, 1999, (4): 6-11.
- [7] 李炎强, 胡有持, 朱忠, 等. 云南烤烟复烤叶片陈化过程香味成分的变化及与感官评价的关系研究[J]. *中国烟草学报*, 2004, 10(1): 1-8.
- [8] 胡有持, 牟定荣, 李炎强, 等. 云南烤烟复烤片烟自然陈化时间与质量关系的研究[J]. *中国烟草学报*, 2004, 10(4): 1-7.
- [9] 胡有持, 杨述元, 李炎强, 等. 陈化过程中河南复烤片烟 B2F 和 C3F 理化指标的变化[J]. *烟草科技*, 2004, (5): 11-15.
- [10] 胡有持, 牟定荣, 李炎强, 等. 云南和河南陈化的复烤片烟质量的差异[J]. *烟草科技*, 2004, (9): 33-35.
- [11] 赵铭钦, 汪耀富, 杜士彬, 等. 陈化期间烟叶香气成份消长规律的研究[J]. *中国农业大学学报*, 1997, 2(3): 73-77.
- [12] 朱大恒, 胡有持, 吴鸣, 等. 醇化过程中白肋烟香味成分含量的变化[J]. *烟草科技*, 2002, (9): 17-21.
- [13] 史宏志, 刘国顺. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998, 12-13.
- [14] 毛多斌, 马宇平, 梅业安. 卷烟配方和香精香料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 89-99.

## Effects of different temperatures and moistures on neutral aroma components of sun-cured yellow tobacco during fermentation

Yu Jianjun<sup>1</sup>, Yang Yongfeng<sup>1</sup>, Li Lin<sup>2</sup>, Wang Baoxiang<sup>2</sup>, Liu Xuezhong<sup>1</sup>, Pang Tianhe<sup>1</sup>, Guo Wei<sup>1</sup>

(1. National Tobacco Cultivation and Physiology and Biochemistry Research Center, Henan Agricultural University, Zhengzhou, 450002, China;

2. Technology Center of Wuhan Tobacco Group, Wuhan 430051, China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of different temperature and moisture on neutral aroma components of sun-cured yellow tobacco during fermentation, the prepared leaves (tips and cutters) were fermented at four kinds of treatments for 30 days. The dynamic changes of neutral aroma components were studied by GC-MS during fermentation stages. Neutral aroma components were divided into 6 types according to the precursor: products of aromatic amino acid metabolism, products of Maillard reaction, products degraded by cembratriendiol and products degraded by dissolution of carotenoid and neoplytadiene. From the content of neutral aroma components, the content of neoplytadiene was highest, and the following were products of Maillard reaction, products degraded by cembratriendiol and products degraded by dissolution of carotenoid, the content of products of aromatic amino acid metabolism was lowest. From the effects of different temperature and moisture, the middle temperature and high moisture for 20-24 days was better, yet neutral aroma components increased slowly under middle temperature and low moisture. The high temperature and middle moisture were not beneficial to neutral aroma components.

**Key words:** sun-cured yellow tobacco, fermentation, temperature, moisture, neutral aroma components