

密集烘烤干筋期最高温度对烟叶致香物质的影响

王文伦, 汪应华, 刘羿男, 肖毅为, 吴佳, 王永平, 方亮, 汪华国, 胡小东

(云南省烟草公司楚雄州公司, 云南楚雄 675000)

摘要 [目的]研究楚雄禄丰烟区干筋期最高干燥温度对烤后烟叶致香物质的影响。[方法]以 K326 为供试烤烟品种, 设 62、65、68 和 70 °C 4 个处理, 探索干筋期最佳烘烤温度。[结果]当干筋期温度为 65 °C 时, 烤后烟叶致香物质总量最高, 新植二烯和其他类致香物质含量最高; 当干筋期温度为 62 °C 时, 类胡萝卜素类、棕色化产物、苯丙氨酸类和类西柏烷类含量均为最高; 当干筋期温度为 68 和 70 °C 时, 烤后烟叶致香物质总量和各分类均较低。[结论]在楚雄禄丰烟区密集烤房烘烤 K326 时, 从提高烟叶致香物质含量的角度来看, 最佳干筋温度为 65 °C。

关键词 烤烟; 干筋期; 温度; 密集烤房

中图分类号 TS 44 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)16-0130-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.16.034



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Maximum Temperature during Stem-drying Period on Aroma Components of Flue-cured Tobacco in Bulk-barn

WANG Wen-lun, WANG Ying-hua, LIU Yi-nan et al (Chuxiong Company of Yunnan Provincial Tobacco Corporation, Chuxiong, Yunnan 675000)

Abstract [Objective] To study the effect of maximum drying temperature on the aroma-causing substances of flue-cured tobacco during stem-drying period of Chuxiong Lufeng tobacco area. [Method] K326 was used as the test cured tobacco variety, and four treatments of 62 °C, 65 °C, 68 °C and 70 °C were set to explore the optimal baking temperature during the dry tendon period. [Result] The total amount of aroma components of cured tobacco was highest when the temperature of the stem-drying was 65 °C. The highest content of neophytadiene and other aroma components was found when the temperature of the stem-drying was 65 °C. The content of carotenoid degradation products, browning reaction products, henylalanine degradation products and cemdrenoid degradation products of cured tobacco were highest when the temperature of the stem-drying was 62 °C. The total amount of aroma components and each classification were lower in the cured tobacco when the stem-drying temperatures were 68 and 70 °C. [Conclusion] In the bulk-barn of Lufeng tobacco area, the optimal maximum temperature during stem-drying period was 65 °C from the perspective of increasing the content of aroma components in the tobacco leaves.

Key words Flue-cured tobacco; Stem-drying period; Temperature; Bulk-barn

烟叶的香气质和香气量与致香物质的含量和特点紧密相关, 因此致香物质是衡量烤烟内在品质的重要指标之一^[1]。烘烤是烤烟生产的重要环节之一, 直接影响烤烟内部物质的转化, 烘烤过程中烤烟致香成分中的含量和种类都会增多^[2-3]。不同烘烤工艺设置对烤后烟叶的致香物质含量和种类影响明显。现有研究较多关注密集烘烤变黄期、定色期温湿度对烟叶生理生化特性及烤后烟叶品质的影响。廖和明等^[4]研究了 3 种烘烤工艺对烤烟 NC55 中性香气物质各组分含量的影响, 结果表明, 中温中湿处理更能提高 NC55 烤后烟叶香气质量。崔国民等^[5]研究了 3 种不同烘烤工艺对烟叶致香成分含量的影响, 结果表明, 在云南玉溪和昆明采用多阶梯中温中湿烘烤工艺的烤后烟叶致香成分含量高。高远等^[6]选用部分香气成分建立了烟叶香气质量综合评价模型, 利用该模型来评价烟叶烘烤增香的最佳烘烤工艺条件。詹军等^[7]研究了变黄期关键温度 42 °C 和定色期关键温度 54 °C 的稳温时间对上部烟叶致香物质和化学成分含量及感官评吸质量的影响。前人在吸收国外烘烤经验后提出干筋期温度应控制在 65~70 °C^[8]。

关于烘烤干筋期最高干燥温度与烟叶致香物质的关系

基金项目 中国烟草总公司云南省公司科技项目“电能自动化烤房配套烘烤技术研究”(2017YN21); “陶瓷厚膜热源(CTF)移动式烤房技术研究”(2021530000241037)。

作者简介 王文伦(1978—), 男, 云南永胜人, 农艺师, 从事烟草栽培技术与新技术示范推广研究。

收稿日期 2022-03-07

的研究报道较少, 一般干筋期最高温度以 68 °C 较多^[9]。笔者探讨了云南省楚雄禄丰烟区密集烘烤干筋期最高干燥温度对烟叶致香成分的影响, 旨在为优化当地密集烘烤工艺提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验时间地点: 2018 年 7—9 月在云南省楚雄州禄丰县一平浪镇舍资村委会密集烤房群(海拔为 1 730 m, 101°54'15"E, 25°12'07"N)。供试烤房: 气流下降式密集烤房(8.0 m×2.7 m×3.5 m)。供试烟叶品种: 当地主栽品种 K326, 面积 6.13 hm²。

仪器设备: 6890N/5973N GC/MS 联用仪(美国 Agilent 公司); 旋转蒸发仪(瑞士 BüCHI 公司); PB602-S 电子天平(感量 0.01 g, 瑞士 METTLER TOLEDO 公司)。同时设蒸馏萃取装置。

1.2 田间管理 前期生长情况: 供试土壤为水稻土, 中等肥力。基肥 N:P₂O₅:K₂O=15:15:18, 移栽前一次性塘施; 追肥 N:P₂O₅:K₂O=12.5:0:33.5, 移栽 30 d 后分 3 次浇施, 施纯氮量为 96 kg/hm²。

田间管理按楚雄州优质烤烟栽培生产技术标准进行。试验烟株 4 月 26 日移栽, 植烟密度 16 500 株/hm², 6 月 2 日揭膜, 7 月 5 日打顶并进行药物抑芽, 留叶数为 20~21 片。中部叶采收时间为 8 月 20 日左右。

1.3 烘烤条件 安排在烘烤技术较好、管理规范密集烤房群, 栽烟面积与试验烤房容量相匹配。烘烤时做到同杆同

质、同炉同质。试验结束在每炉烤后挂牌标记的 20 杆烟叶中选取成熟一致的烟叶作为致香成分分析样品。为了便于分析,致香物质按烟叶香气前体物分类方法进行分类,分类主要参考文献[1,3-4,7]。

1.4 试验设计 试验设置 4 个处理: T_1 ,干筋期最高温度

$62\text{ }^{\circ}\text{C}$; T_2 ,干筋期最高温度 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$; T_3 ,干筋期最高温度 $68\text{ }^{\circ}\text{C}$; T_4 ,干筋期最高温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。烘烤工艺曲线参照云南烟草农业科学研究院 2018 年 K326 烘烤技术挂图,除干筋期最高温度不同外,其他条件均保持一致。烘烤工艺曲线见图 1。

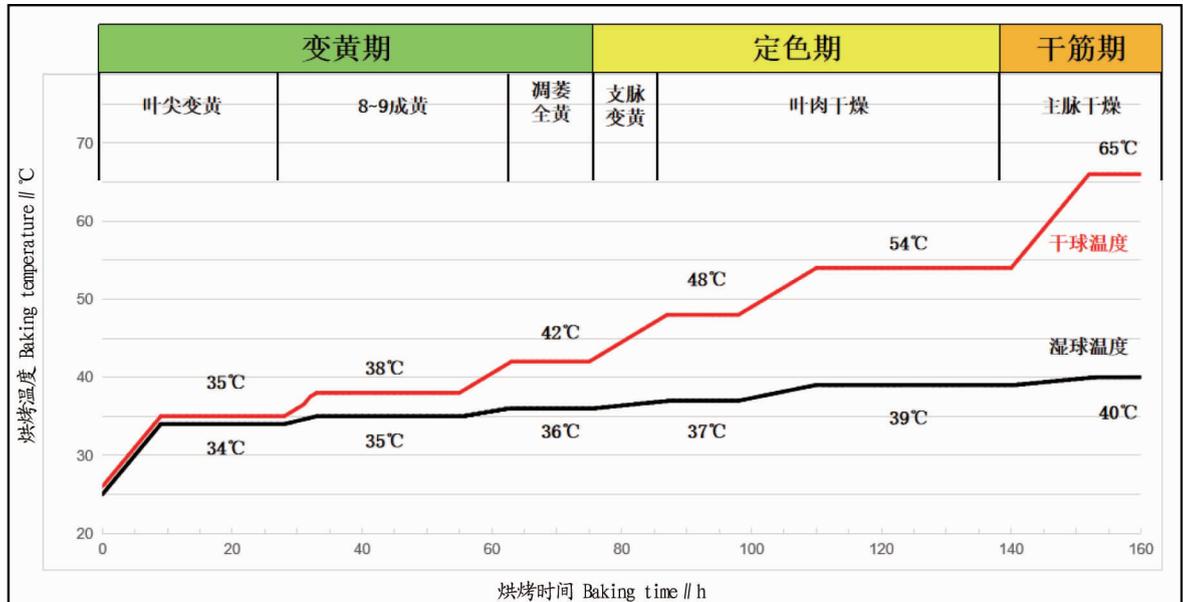


图 1 云南烟草农业科学研究院 2018 年 K326 烘烤技术

Fig.1 2018 K326 baking technology of Yunnan Academy of Tobacco Agricultural Sciences

1.5 样品前处理 取烤后烟叶 C3F 制成烟丝,于 $(40\pm 1)^{\circ}\text{C}$ 下烘焙 4 h 后,用粉碎机粉碎,过 60 目筛,所得烟末在平衡箱中于温度 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、湿度 60% 的条件下平衡 24 h。致香物质提取物添加内标后,采用气/质联用仪进行分析,结果采用内标法计算,单位为 $\mu\text{g/g}$ 。

1.6 检测方法 准确称取平衡后的烟末样品 25.0 g,放入蒸馏萃取装置中,采用二氯甲烷作为溶剂,对烟丝连续进行动态萃取 2 h,所得提取物经无水硫酸钠干燥后,于旋转蒸发器中浓缩至 1.0 mL,加入 50 μL 0.1 mol/L 萘溶液(介质为无水乙醇),摇匀,采用气质联用仪进行分析。仪器分析条件为色谱柱:HP-5MS(30 m,0.25 mm,0.25 m)毛细管柱;进样口温度: $260\text{ }^{\circ}\text{C}$;载气:He,1 mL/min;程序升温: $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保持 1 min,以 $8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 上升至 $160\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 2 min 后以 $8\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 上升至 $260\text{ }^{\circ}\text{C}$,保持 15 min;进样量:2 μL ,分流比:25:1;传输线温度: $280\text{ }^{\circ}\text{C}$;电离方式:EI,电离能量:70 eV;离子源温度: $230\text{ }^{\circ}\text{C}$;四级杆温度: $150\text{ }^{\circ}\text{C}$;质量范围 35~455 aum。采用 NIST05、Wiley275 谱库进行检索定性,定量采用内标法。

1.7 数据处理 采用软件 IBM Statistics SPSS 22.0 及 Microsoft Office Excel 2010 进行数据整理和分析。

2 结果与分析

2.1 致香物质 干筋期不同最高干燥温度对烟叶致香物质总量有着明显影响。由图 2 可知,在禄丰县一平浪镇,在 T_2 ($65\text{ }^{\circ}\text{C}$) 处理条件下,烟叶致香物质总量最高,达 $704.330\text{ }\mu\text{g/g}$,比 T_3 和 T_4 处理分别高出 67.00% 和 32.86%,与 T_1 处理差别不大,仅高出 5.11%。

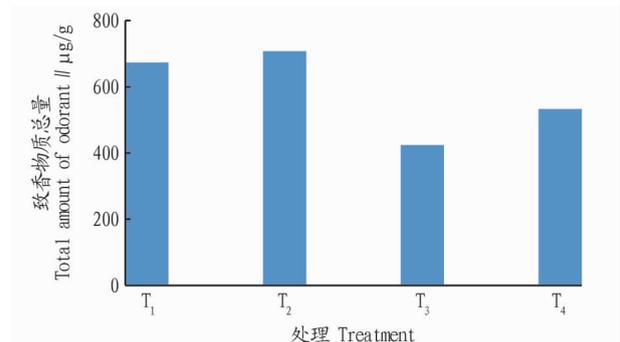


图 2 干筋期不同干燥温度处理致香物质总量比较

Fig.2 Comparison of the total amount of flavoring substances treated at different drying temperatures during dry gluten period

2.2 苯丙氨酸类致香物质 参考陈越立等^[10]的研究结果,将吡啶列入苯丙氨酸类物质。由表 1 可知,在 T_1 处理条件下,烟叶苯丙氨酸类物质总含量最高, T_4 处理最低。 T_1 处理的苯甲醛与其他 3 个处理差别不大,苯甲醇、苯乙醇、苯乙醛和吡啶含量明显高于 T_3 和 T_4 。 T_1 处理的苯甲醇和吡啶含量最高,苯甲醇具有弱花香; T_2 处理的苯乙醇和苯乙醛含量最高,苯乙醇具有甜香、坚果香,苯乙醛带有皂香、焦香,它们对烤烟的果香、清香贡献最大^[11]。

2.3 类西柏烷类物质 由表 2 可知,4 个处理的类西柏烷类物质总含量与苯丙氨酸类物质分布规律一致, T_1 处理明显高于其他 3 个处理,特别是茄酮含量,茄酮本身具有良好的清香气息,可以作为重要的单体香应用于卷烟香料制作^[12]。 T_3

处理最低。

表1 干筋期不同干燥温度处理苯丙氨酸类物质总含量及其保留时间比较

Table 1 Comparison of total content and retention time of phenylalanine in different drying temperatures during dry gluten period $\mu\text{g/g}$

处理 Treatment	苯甲醇 Benzyl alcohol	苯甲醛 Benzal- dehyde	苯乙醇 Pheny- lethanol	苯乙醛 Phenyla- cetaldehyde	吲哚 Indole	苯丙氨酸类 物质总含量 Total content of phenylalanine
T ₁	3.052	0.074	2.894	1.973	0.248	8.801
T ₂	2.408	0.074	2.924	2.729	0.228	8.289
T ₃	1.975	0.071	1.800	1.066	0.141	7.430
T ₄	1.908	0.072	2.463	1.781	0.154	6.975
保留时间 Retention time//min	19.380	14.914	24.735	20.033	39.864	

表2 干筋期不同干燥温度处理类西柏烷类物质总含量及其保留时间比较

Table 2 Comparison of total content of and retention time of cembranoid treated at different drying temperatures during dry gluten period $\mu\text{g/g}$

处理 Treatment	茄酮 Solanone	西柏三 烯二醇 Cypriotriene glycol	类西柏烷 类物质总含量 Total content of cembranoid
T ₁	20.918	2.088	23.006
T ₂	12.534	1.349	13.883
T ₃	7.263	0.144	7.407
T ₄	13.092	3.874	16.966
保留时间 Retention time//min	45.527	87.085	

2.4 棕色化反应产物 烟叶在调制、醇化、发酵过程中蛋白质水解形成氨基酸,淀粉水解形成糖,其含量分别高达1%和22%,两者反应产生复杂的混合物,包括各种挥发性化合物和大分子的棕色化合物,即为棕色化反应物^[13]。棕色化产物中含有多种令人愉快的香气和吸味,其中,吡咯、呋喃类物质含量较少,但其特有的浓郁香气,可以掩盖杂气,增强香味及提高烟气质量^[11,14]。由表3可知,4个处理的棕色化反应产物总含量分布规律与类西柏烷类物质一致,T₁处理明显高于其他3个处理,T₂处理最低。

2.5 类胡萝卜素降解产物 由表4可知,T₁处理的类胡萝卜素降解产物总含量高于其他3个处理,T₄处理最低。 β -大马酮能增加烟草的花香味,尤其是产生典型的清香,4个处理间差异不大;巨豆三烯酮具有烟草香和辛香底韵,能显著

表3 干筋期不同干燥温度处理棕色化反应产物总含量及其保留时间比较

Table 3 Comparison of total content and retention time of browning reaction products treated at different drying temperatures during dry gluten period $\mu\text{g/g}$

处理 Treatment	2-环戊烯-1, 4-二酮 2-cyclope- ntene-1,4-dione	2-戊基呋喃 2-pentylfuran	5-甲基-2-糠醛 5-methyl- 2-furfural	吡啶 Pyridine	己醛 Hexanal	糠醇 Furfuryl alcohol	糠醛 Furfural	棕色化反应 产物总含量 Total content of browning reaction products
T ₁	0.140	0.028	0.078	0.158	0.069	0.182	2.450	3.105
T ₂	0.094	0.017	0.076	0.176	0.051	0.161	1.822	2.397
T ₃	0.170	0.028	0.067	0.119	0.054	0.113	2.074	2.625
T ₄	0.171	0.031	0.064	0.153	0.060	0.131	2.238	2.848
保留时间 Retention time//min	10.920	17.336	15.045	6.293	7.645	9.583	8.781	

增强烟香,改善吸味,调和烟气,减少刺激性;香叶基丙酮和二氢猕猴桃内酯可起到增加烤烟香气及消除刺激性的作用^[15],T₁处理的二氢猕猴桃内酯远高于其他3个处理。

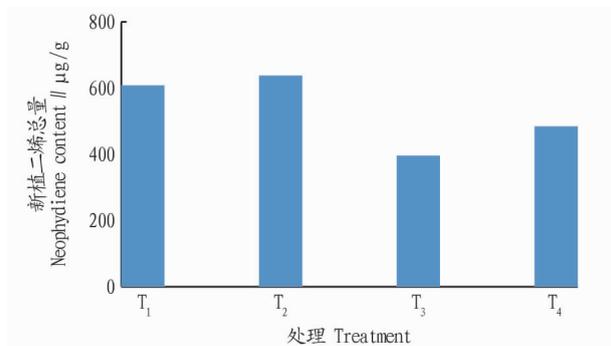
2.6 新植二烯 新植二烯是烟叶中主要的萜烯类化合物,为致香物质中含量最高的成分,能增加烟叶的香气和吃味,还能进一步分解转化为呋喃类化合物,使烟气柔和减轻刺激,产生兰草香和清香^[16-17]。从前文可以看出,T₁处理在苯丙氨酸类、类西柏烷类、棕色化反应产物和类胡萝卜素降解产物的总含量均优于T₂处理,但是致香物质总量低于T₂处

理,原因主要在于2个处理在新植二烯含量上的差异。新植二烯含量以T₂处理最高,高于T₁处理29.349 $\mu\text{g/g}$,T₃处理最低(图3)。致香物质总量除去新植二烯含量,T₂和T₁处理之间相差只有4.889 $\mu\text{g/g}$,差距不明显。

2.7 其他类致香物质 从其他未分类致香物质含量来看,T₂处理最高,T₁处理其次,T₃处理最低。对烟叶清香风格形成贡献最大的是大马酮含量^[18]。在该试验中,4个处理间大马酮含量差异较小(表5)。

表 4 干筋期不同干燥温度处理类胡萝卜素降解产物总含量比较

处理 Treatment	3-羟基- β-二氢 大马酮 3-hydroxy- β-Dihydr- odamascus ketone	6-甲基- 2-庚酮 6-methyl- 2-hep- tanone	6-甲基- 5-庚烯- 2-酮 6-methyl- 5-heptene- 2-one	β-大 马酮 β-Dam- ascus ketone	二氢猕 猴桃内酯 Dihydrokiwi lactone	芳樟醇 Linalool	巨豆三 烯酮 A Crotonotri- enone A	巨豆三 烯酮 B Crotonotri- enone B	巨豆三 烯酮 C Crotonotri- enone C	香叶 基丙酮 Geranyl acetone	类胡萝卜 素降解产 物总含量 Total car- otenoid degradation products
T ₁	0.288	0.170	0.128	5.867	0.532	0.166	0.051	0.214	0.357	1.026	8.799
T ₂	0.042	0.055	0.066	6.004	0.196	0.218	0.081	0.328	0.469	0.829	8.288
T ₃	0.002	0.057	0.088	5.581	0.148	0.224	0.055	0.216	0.266	0.795	7.432
T ₄	0.003	0.059	0.078	5.494	0.003	0.176	0.060	0.235	0.001	0.866	6.975
保留时间 Retention time//min	61.793	30.602	16.407	46.822	56.456	23.827	58.505	59.570	62.329	51.487	



注:保留时间 74.485 min

Note: Retention time was 74.485 min

图 3 干筋期不同干燥温度处理新植二烯总量比较

Fig.3 Comparison of neophydiene content at different drying temperatures during dry gluten period

3 结论与讨论

3.1 讨论 干筋期是三段式烘烤工艺的最后一个环节,是决定烟叶烘烤价值的重要阶段。虽然烤烟致香物质大部分在烘烤的变黄和定后期形成,但干筋期后期温度会影响致香物质的分解^[19]。周平等^[20]研究用贡献率作指标,发现变片阶段(38℃)对致香物质贡献率最大,达0.52,干筋阶段(68℃)的贡献率为负值,为-0.09。因此,干筋期的最高温度对烤烟致香物质的含量和特点有着较大影响。崔国民等^[5]研究验证了在云南玉溪和昆明针对云烟87品种采用最高干筋温度65℃烘烤工艺能得到最高的致香物质含量。李万乾等^[21]研究认为,云南弥渡红花大金元品种在干筋期[(63.0±0.5)~(64.0±0.5)]℃烤后烟叶表现最佳,这与该研究结果相似。徐成龙等^[22]研究表明,在云南祥云当干筋期最高温度为63℃时,致香物质总量最高,感官质量总体表现最佳。廖和

表 5 干筋期不同干燥温度处理其他类致香物质总含量比较

处理 Treatment	对乙烯基 愈疮木酚 P-vinyl xyleneol	3-乙基邻 二甲苯 3-ethyl-o- xylene	5,6-二甲基- 2-苯并咪唑啉酮 5,6-dimethyl- 2-benzimid- azolinone	2,4-庚二烯醛 2,4-heptadiene aldehyde	蒽 Anthracene	6,10,14-三甲 基-2-十五烷酮 6,10,14-trimethyl- 2-pentadecanone
T ₁	1.194	1.105	1.260	0.870	0.353	0.308
T ₂	1.520	1.072	0.604	0.523	0.415	0.337
T ₃	1.661	1.033	0.427	0.544	0.352	0.338
T ₄	1.295	0.983	0.616	1.230	0.398	0.272
保留时间 Retention time//min	41.466	49.056	55.865	17.881	70.652	74.608

处理 Treatment	2,4-二叔 丁基苯酚 2,4-di-tert- butylphenol	2-乙酰基吡咯 2-acetylpyrrole	8-甲基-1- 十一碳烯 8-methyl-1- undecylene	大马酮 Damascus ketone	其他 47 种 致香物质 Other 47 aromatic substances	其他类 总含量 Total content of other categories
T ₁	0.256	0.967	0.398	0.051	21.179	28.317
T ₂	0.307	0.301	0.255	0.058	37.847	43.432
T ₃	0.263	0.197	0.177	0.058	4.392	9.564
T ₄	0.198	0.522	0.188	0.055	13.918	19.827
保留时间 Retention time//min	55.419	21.152	68.200	45.161		

明等^[4]研究证明,在山东诸城采取中温中湿烘烤工艺对烤烟品种 NC55 采取的最高干筋温度是 68 ℃。杨士福^[8]在河南省襄城县利用热泵烤房对中烟 100、豫烟 10 号进行烘烤工艺研究,选择的干筋期最高温度为 68 ℃。高远等^[6-7,10]的研究(品种分别是云烟 87、中烟 100 和云烟 87)未提及最高干筋温度,而王战义等^[17]针对云烟 87 品种调整干筋期湿球温度,干球温度则设置了一个较为宽泛的范围(干筋前期干球温度为 54~60 ℃,干筋后期干球温度为 60~68 ℃)。这些研究结果表明,在不同区域、不同烤烟基因型、不同部位^[8]、不同烤房类型采用的最适宜干筋期最高温度并不一致。

3.2 结论 该研究结果表明,烟叶致香物质类胡萝卜素类 10 种、棕色化产物 7 种、苯丙氨酸类 4 种、类西柏烷类 2 种、新植二烯为 1 类,其他类别 57 种。在云南楚雄禄丰烟区,密集烤房采用 T₂(65 ℃)处理干燥烟叶时,烤后烟叶的致香物质总量最高,同时,在致香物质各类比较中,T₁处理(62 ℃)在类胡萝卜素类、棕色化产物、苯丙氨酸类和类西柏烷类含量均为最高,T₂处理的新植二烯和其他类致香物质含量最高。2 个处理间致香物质最为明显的差别是新植二烯的含量。新植二烯属叶绿素降解产物,是初烤烟叶中含量较高的关键中性香气成分,与其他致香物质具有较强的相关性,其含量对烟叶香型风格和卷烟品吸质量具有重要影响^[23]。在致香物质总量和各分类中,T₃处理(68 ℃)和 T₄处理(70 ℃)表现均不佳,说明在干筋期,温度过高不利于香气物质的积累和转化。

参考文献

- [1] 史宏志,刘国顺.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,1998:3.
- [2] 赵会纳,蔡凯,雷波,等.烤烟中性致香物质在烘烤前后的差异分析[J].中国烟草科学,2015,36(2):8-13.
- [3] 胡小东,张映翠,方亮,等.楚雄州不同生态烟区烤烟致香成分含量比较分析[J].西南农业学报,2015,28(3):1311-1316.

(上接第 114 页)

- [4] 李帅,王艳,贾龙,等.山东省冬闲农田种植冬牧 70 压青后腐解及养分动态[J].生态环境学报,2019,28(11):2239-2244.
- [5] 薄晶晶,王俊,付鑫.两种绿肥腐解及其碳氮养分释放动态特征[J].生态科学,2019,38(6):37-45.
- [6] 刘佳,张杰,秦文婧,等.红壤旱地毛叶苕子不同翻压量下腐解及养分释放特征[J].草业学报,2016,25(10):66-76.
- [7] 林心雄,吴顺龄,车玉萍.干旱和半干旱地区测定有机物分解速率的尼龙袋法[J].土壤,1992,24(6):315-318.
- [8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,2000.

- [4] 廖和明,孙福山,徐秀红,等.不同烘烤工艺对烤烟品种 NC55 中性香气物质各组分含量的影响[J].中国烟草科学,2013,34(5):89-94.
- [5] 崔国民,黄维,赵高坤,等.不同烘烤工艺对烟叶评吸质量及致香物质的影响[J].安徽农业科学,2013,41(24):10125-10128.
- [6] 高远,宋朝鹏,杨义方,等.不同烘烤工艺烤烟香气质量的主成分分析[J].江西农业学报,2009,21(12):36-39,45.
- [7] 詹军,李伟,霍开玲,等.密集烘烤中稳温时间对烤烟上部叶香气质量的影响[J].南方农业学报,2011,42(10):1193-1198.
- [8] 杨士福.云烟烘烤与分级[M].昆明:云南科技出版社,1994:188.
- [9] 孟智勇,宗胜杰,高相彬,等.热泵密集烤房不同烘烤工艺效果比较[J].江苏农业科学,2019,47(22):247-251.
- [10] 陈越立,李旭华,潘义宏,等.定色后期稳温点对烟叶常规化学成分和致香物质的影响[J].江西农业学报,2014,26(2):89-94.
- [11] 杨虹琦,周冀衡,杨述元,等.不同产区烤烟中主要潜香型物质对评吸质量的影响研究[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2005,31(1):11-14.
- [12] 叶荣飞,赵瑞峰.烟草香气物质来源[J].广东农业科学,2011,38(5):51-53.
- [13] 景延秋,官长荣,张月华,等.烟草香味物质分析研究进展[J].中国烟草科学,2005,26(2):44-48.
- [14] 周冀衡,王勇,邵岩,等.产烟国部分烟区烤烟质体色素及主要挥发性香气物质含量的比较[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2005,31(2):128-132.
- [15] 黄永成,官长荣,郭瑞,等.烤烟中色素与香味物质的关系研究进展[J].河南农业科学,2008,37(2):5-9.
- [16] 赵铭钦.卷烟调香学[M].北京:科学出版社,2008:89.
- [17] 王战义,代丽,宋朝鹏,等.植物生长调节剂对烤烟叶致香物质的影响[J].浙江农业科学,2009,50(6):1159-1162.
- [18] 李章海,王能如,王东胜,等.烤烟香型的重要影响因子及香型指数模型的构建初探[J].安徽农业科学,2009,37(5):2055-2057.
- [19] 詹军,官长荣,李伟,等.密集烘烤干筋期干球和湿球温度对烟叶香气质量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2011,37(5):484-489.
- [20] 周平,王松峰,孙福山,等.密集烘烤中各阶段对烟叶常规化学成分和致香物质的贡献率分析[J].中国烟草学报,2017,23(5):73-80.
- [21] 李万乾,徐成龙,詹军,等.密集烘烤干筋期最高温度对大理地区烟叶品质的影响[J].现代农业科技,2015(21):24-25,28.
- [22] 徐成龙,范志勇,胡恩军,等.干筋期最高温度对烟叶致香物质和感官质量的影响[J].湖南农业科学,2020(12):49-51.
- [23] 杨盼盼,周文忠,李佛琳,等.红外快速测定初烤烟叶中的新植二烯[J].云南农业大学学报(自然科学),2019,34(6):994-999.

- [9] TALGRE L, LAURINGSON E, ROOSTALU H, et al. Phosphorus and potassium release during decomposition of roots and shoots of green manure crops[J]. Biological agriculture & horticulture, 2014, 30(4):264-271.
- [10] 吕丽霞,王维,王秀荣,等.渭北苹果园绿肥不同深度翻压腐解及养分释放规律[J].果树学报,2018,35(5):586-595.
- [11] 张经廷,张丽华,吕丽华,等.还田作物秸秆腐解及其养分释放特征概述[J].核农学报,2018,32(11):2274-2280.
- [12] 崔志强,李宪利,崔天舒.果园绿肥腐解及养分释放动态研究[J].中国农学通报,2014,30(22):121-127.
- [13] 侯宪文,张军,符瑞益,等.荔枝剪枝还田腐解及养分释放特征研究[J].广东农业科学,2020,47(4):77-84.