

任汝周,李佛琳,胡小东,等.调制工艺对烤烟调制过程中类胡萝卜素降解以及烟叶品质的影响[J].江苏农业科学,2018,46(22):198-203.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.047

调制工艺对烤烟调制过程中类胡萝卜素降解 以及烟叶品质的影响

任汝周^{1,2},李佛琳²,胡小东³,徐安传⁴,封幸兵⁵,杨雪彪¹,张宇^{1,2},陈颀¹,赵高坤¹,邹聪明¹,黄维¹

(1. 云南省烟草农业科学研究院,云南玉溪 653100; 2. 云南农业大学烟草学院,云南昆明 650201;

3. 云南省烟草公司楚雄州公司,云南楚雄 675000; 4. 云南中烟工业有限责任公司,云南昆明 650024; 5. 云南省烟草公司,云南昆明 650021)

摘要:类胡萝卜素降解产物是烤烟中性致香物质中的重要萜类化合物,类胡萝卜素降解产生的香味物质对烟叶品质有重要影响。为验证不同调制工艺对不同部位烟叶调制过程中类胡萝卜素降解的影响,以烤烟品种 K326 为研究对象,在云南省玉溪市卧式密集烤房里设置 4 种不同的调制工艺处理,定时取烟样检测其叶黄素、 β -胡萝卜素含量并进行感官评吸。结果表明,调制过程中,不同处理不同部位烟叶的叶黄素、 β -胡萝卜素含量的下降速率均呈由快变慢的趋势;下部叶的叶黄素在开烤后 48 h 内降解较快,中、上部叶在开烤后 96 h 内降解速度较快;下部叶的 β -胡萝卜素降解趋势整体较为平缓,中、上部叶前期的降解速率较快,后期平缓。不同部位烟叶在处理 B 条件下叶黄素降解速率最快,降解量最大,烟叶的评吸得分较高;上部叶致香物质含量与烟叶感官质量之间的变化规律较一致,而中、下部烟叶则存在较大差异。在云南省玉溪市卧式密集烤房中,采用变黄期、调萎期低温低湿,干叶期、干筋期中温中湿对不同部位烟叶进行调制,烟叶中类胡萝卜素降解速度较快,降解转化较为充分,感官质量也较佳。

关键词:烤烟;调制工艺;叶黄素; β -胡萝卜素;致香物质含量;K326;感官质量;生产方式

中图分类号: S572.09;TS44⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2018)22-0198-06

完善密集调制工艺,更好地发挥密集调制的优势,提高烤后烟叶的香气质量,已经成为目前烟叶生产中亟待解决的问题^[1]。类胡萝卜素是影响烤烟烟叶品质和可用性的一种重要的辅助色素,不仅对烤后烟叶的外观质量有重要影响,而且其转化后的致香成分可使中性香味物质总量增加,或使降解产物继续发生转化,生成对香味物质更有利的化合物,从而影响烟叶内在品质。烤后烟叶类胡萝卜素及其降解产物的含量和协调性直接影响烤烟的香气风格、香气质和香气量^[2-4];此外,一些类胡萝卜素在烟支高温燃烧时会产生多环芳烃^[5],对人体有致癌作用及光毒害效应,潜在影响烟气安全性。因此,关于类胡萝卜素及其降解致香成分的研究一直备受国内外烟草领域的关注。

付亚丽等研究表明,复烤后烟叶中类胡萝卜素及其降解产物的含量受产地和烤烟品种的影响较大,而颜色和部位对其影响较小^[6]。杨虹琦等研究发现,不同烤烟品种在烟叶成熟和初烤过程中类胡萝卜素含量及降解速度有很大差异,类胡萝卜素在开烤后 24~48 h 降解速度较快,且 40℃ 变黄温度处理的降解速度最快,但 38℃ 变黄温度处理的烤后烟叶质

量综合表现最优;湿度较低时,类胡萝卜素发生快速降解较早,峰值较高;湿度较高时,类胡萝卜素发生快速降解较迟,峰值也较低^[7]。在调制工艺研究上,普遍认为,采取低温慢变黄、定色期慢升温等工艺措施可使类胡萝卜素降解多,香气物质含量高,烟叶的质量最优^[8-12]。但在烤房相对湿度上,前期不同的研究结果存在明显差异,高玉珍等认为,采用低温中湿工艺较佳(未提及部位)^[12];艾复清等认为,中部叶烘烤采用较高湿度工艺更有利^[13];孟可爱等认为,不同叶位之间类胡萝卜素的含量差异较小^[14];而黄维等则认为,不同部位烟叶应采用不同温湿度工艺进行烘烤,以提高烟叶类胡萝卜素降解致香物质质量分数^[15]。由此看来,前人对调制过程中烟叶不同部位类胡萝卜素降解适宜湿度的见解并不一致。

有关烟叶类胡萝卜素降解规律和降解机制的研究多集中在发育、成熟和醇化等时期,关于调制全过程中类胡萝卜素的降解分析报道较少,而调制期间的环境条件对色素降解影响显著。因此,本试验以烤烟 K326 烟叶为研究对象,对不同调制工艺下烟叶中类胡萝卜素的降解变化进行研究,以期探明烟叶在不同调制工艺处理下类胡萝卜素含量的变化规律及其与致香物质和感官质量的关系,为得到能够提高烟叶致香物质含量和感官质量的生产方式提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地点位于云南省玉溪市红塔区西北部春和镇黑村。试验时间为 2015 年 7—9 月,春和镇位于 102°21'20"~102°33'20"E、24°21'30"~24°29'30"N 之间,海拔 1 730 m,年平均气温 16.6℃,年降水量 195.40 mm,土壤类型为红壤土,

收稿日期:2018-02-04

基金项目:国家自然科学基金(编号:41601330);云南省应用基础面上自然基金(编号:2017FB074);云南省烟草公司科技计划重点项目(编号:2015YN05、2016YN31、2016YN28、2017YN09);云南中烟科技计划重点项目(编号:2016YL03)。

作者简介:任汝周(1994—),男,山东东营人,硕士研究生,研究方向为烟叶栽培与调制。E-mail:1239711763@qq.com。

通信作者:黄维,硕士,助理研究员,研究方向为烟叶栽培与调制。E-mail:17918490@qq.com。

适合种植水稻、烤烟、小麦、油菜、草莓等农作物。

1.2 试验材料

烤烟品种为 K326, 种植面积为 5. 33 hm², 行株距为 120 cm×50 cm, 依据烤烟品种的营养特性及土壤肥力的实际情况, 施用纯氮 112. 5 kg/hm², P₂O₅ 112. 5 kg/hm², K₂O 281. 25 kg/hm²。总施肥量的 50% 作底肥, 25% 作提苗肥, 25% 作追肥; 全部肥料在移栽后 25 d 内施完。烟株封顶前, 摘去 2 张底脚叶, 留叶数 20~22 张/株; 其他栽培技术措施按玉溪优质 K326 烤烟品种种植标准进行。

表 1 处理 A 参数组合

阶段	干球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	干湿差 (℃)	调制时间 (h)	烟叶变化目标(变黄、干燥)
变黄期	35.0~36.0	34.0~35.0	1.0~2.0	24~36	高温层烟叶, 变黄程度 30% 以上
	37.0~38.0	35.0~36.0	1.0~2.0	18~24	高温层烟叶达到青筋黄片
凋萎期	43.0~44.0	36.0~38.0	5.0~7.0	8~12	高温层烟叶钩尖卷边, 轻度凋萎; 低温层烟叶达到青筋黄片
	47.0~48.0	38.0~39.0	9.0~10.0	24~36	高温层烟叶叶干 1/2~2/3; 低温层烟叶钩尖卷边, 充分凋萎
干叶期	51.0~53.0	39.0~40.0	12.0~14.0	24~36	高温层烟叶叶片干燥, 低温层烟叶叶干 1/3~1/2, 全炉烟叶主脉翻白
干筋期	62.0~63.0	41.0~42.0	21.0~22.0	12~18	全炉烟叶主脉干燥 1/2 以上, 叶片正反面色泽接近
	67.0~68.0	42.0~43.0	25.0~26.0	24~36	全炉烟叶干燥

注: 以 2℃/h 的起火升温速度将温度升至 35.0~36.0℃; 以后各阶段之间的升温速度为 1℃/h。高温层烟叶指气流下降式烤房中的烤房顶层烟叶, 气流上升式烤房中的烤房底层烟叶; 低温层烟叶反之, 表 2 至表 4 同。

表 2 处理 B 数组合

阶段	干球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	干湿差 (℃)	调制时间 (h)	烟叶变化目标(变黄、干燥)
变黄期	35.0~36.0	34.0~35.0	1.0~2.0	24~36	高温层烟叶, 变黄程度 30% 以上
	37.0~38.0	35.0~36.0	1.0~2.0	18~24	高温层烟叶达到青筋黄片
凋萎期	43.0~44.0	36.0~37.0	6.0~7.0	8~12	高温层烟叶钩尖卷边, 轻度凋萎; 低温层烟叶达到青筋黄片
	47.0~48.0	37.0~38.0	10.0~11.0	24~36	高温层烟叶叶干 1/2~2/3; 低温层烟叶钩尖卷边, 充分凋萎
干叶期	54.0~55.0	38.0~39.0	16.0~17.0	24~36	高温层烟叶叶片干燥, 低温层烟叶叶干 1/3~1/2, 全炉烟叶主脉翻白
干筋期	67.0~68.0	41.0~42.0	26.0~27.0	24~36	全炉烟叶干燥

注: 以 2℃/h 的起火升温速度将温度升至 35.0~36.0℃; 以后各阶段之间的升温速度为 1℃/h。

表 3 处理 C 参数组合

阶段	干球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	干湿差 (℃)	调制时间 (h)	烟叶变化目标(变黄、干燥)
变黄期	37.0~38.0	35.0~36.0	1.0~2.0	24~36	高温层烟叶达到青筋黄片
凋萎期	47.0~48.0	38.0~39.0	9.0~10.0	24~36	高温层烟叶叶干 1/2~2/3; 低温层烟叶钩尖卷边, 充分凋萎
干叶期	51.0~53.0	39.0~40.0	13.0~14.0	24~36	高温层烟叶叶片干燥, 低温层烟叶叶干 1/3~1/2, 全炉烟叶主脉翻白
干筋期	62.0~63.0	41.0~42.0	21.0~22.0	12~18	全炉烟叶主脉干燥 1/2 以上, 叶片正反面色泽接近
	67.0~68.0	42.0~43.0	25.0~26.0	24~36	全炉烟叶干燥

注: 以 2℃/h 的起火升温速度将温度升至 37.0~38.0℃; 以后各阶段之间的升温速度为 1℃/h。

表 4 处理 D 参数组合

阶段	干球温度 (℃)	湿球温度 (℃)	干湿差 (℃)	调制时间 (h)	烟叶变化目标(变黄、干燥)
变黄期	37.0~38.0	35.0~36.0	1.0~2.0	24~36	高温层烟叶达到青筋黄片
凋萎期	48.0~49.0	37.0~38.0	10.0~11.0	12~18	高温层烟叶叶干 1/3~1/2; 低温层烟叶钩尖卷边, 轻度凋萎
干叶期	53.0~54.0	38.0~39.0	15.0~16.0	12~18	高温层烟叶叶片干燥 2/3, 低温层烟叶叶干 1/3, 全炉烟叶主脉淡绿色
干筋期	67.0~68.0	42.0~43.0	25.0~26.0	24~36	全炉烟叶干燥

注: 以 2℃/h 的起火升温速度将温度升至 37.0~38.0℃; 以后各阶段之间的升温速度为 1℃/h。

1.3.2 试验过程 试验烟叶分上、中、下 3 个部位, 定叶位取样。移栽后 75 d 取下部 4、5、6 叶; 移栽后 95 d 取中部 11、12、13 叶; 移栽后 115 d 取上部 17、18、19 叶。每个部位按各处理的成熟度特征挑选成熟度一致的烟叶 1 000 张。烟叶选定

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 根据烟叶调制因素(温度、湿度、时间、烟叶变化目标)设 4 种调制工艺参数组合处理, 分别为烟叶调制全过程低温低湿参数组合(处理 A); 烟叶调制过程变黄期、凋萎期低温低湿参数组合, 干叶期、干筋期中温中湿参数组合(处理 B); 烟叶调制过程变黄期、凋萎期中温中湿参数组合, 干叶期、干筋期低温低湿参数组合(处理 C); 烟叶调制全过程中温中湿参数组合(处理 D)。详见表 1、表 2、表 3、表 4。

后, 编成 8 竿, 分别装入 4 座相同的密集型烤房中, 每座烤房装 2 竿, 统一装在烤房底台靠烤房门一边, 自下往上 2 层调制; 4 座烤房分别实施 4 种调制工艺参数组合处理。烤房符合国家密集型烤房技术规范建盖质量及性能要求。调制过程

中采用刀切法定时取样,取样时间分别为点火后 0、12、24、36、48、60、72、84、96、132 h,共取样 10 次。烟样用液氮固定后置于 -20°C 冰箱中保存待测。

1.3.3 检测内容与与方法 检测内容:叶黄素含量、 β -胡萝卜素含量、感官质量、致香物质成分。检测方法:叶黄素、 β -胡萝卜素的检测采用高效液相色谱法,色谱柱为北京迪科马科技有限公司生产的 Diamonsil-ODS-C18 色谱柱,流动相 A 为乙酸乙酯, B 为 90% 乙腈;流速为 0.8 mL/min ;检测波长为 450 nm ;进样量 $20\text{ }\mu\text{L}$;用外标法定量分析 β -胡萝卜素、叶黄素的含量,配制的 β -胡萝卜素和叶黄素混合溶液标准工作曲线质量浓度梯度为 $0.5、1.0、2.0、5.0\text{ }\mu\text{g/mL}$,以峰面积为纵轴, β -胡萝卜素、叶黄素浓度为横轴获得标准工作曲线。致香物质成分使用固相微萃取-气质联用技术 (SPME-GC-MS) 测定分析。

感官质量鉴定按照 YC/T 138—1998 进行,由 7 位云南中烟技术中心专家进行评价。呼吸指标包括香气量、香气质、浓度、刺激性、劲头、杂气、灰分、燃烧性和余味等 9 个。

1.3.4 数据处理 采用 Excel 2003 进行数据处理。

2 结果与分析

类胡萝卜素是以由异戊二烯残基为单元组成的共轭双键长链为基础的一类色素,根据组成和溶解性质可将其分为 2 类,分别为 β -胡萝卜素和叶黄素。类胡萝卜素降解产物是烤烟中性致香物质中的重要萜类化合物,其降解和裂解产生的近百种香味物质阈值相对较低、刺激性较小、香气质较好,能赋予烟叶木香、花香、果香和甜香,对烟叶品质有重要影响^[16]。

2.1 不同调制工艺调制过程中烟叶叶黄素含量的变化

由图 1 可知,调制过程中 4 个处理的下部烟叶叶黄素含量变化趋势大体相同,其下降速率均呈由快到慢的变化趋势。处理 B 和处理 D 下部叶的叶黄素在 $0\sim 12\text{ h}$ 急剧降解,之后降解变慢;而处理 A 和处理 C 下部叶的叶黄素含量在 $0\sim 48\text{ h}$ 下降明显,之后趋于平缓。至调制结束时,4 种不同调制工艺的下部烟叶叶黄素含量表现为处理 C > 处理 A > 处理 D > 处理 B,叶黄素降解量表现为处理 B > 处理 D > 处理 A > 处理 C,处理 B 下部叶的叶黄素降解量最多,说明处理 B 更有利于下部叶叶黄素的降解,处理 A 和处理 D 下部叶叶黄素降解量比较接近,但降解趋势差异较大。

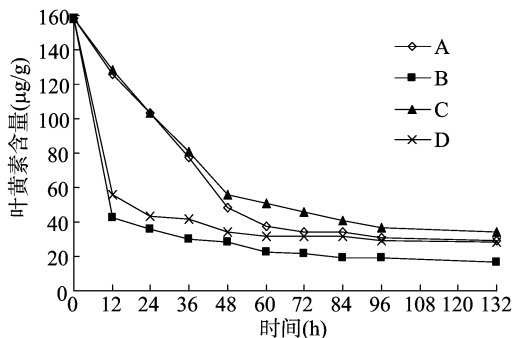


图1 调制过程中下部烟叶叶黄素含量的变化

由图 2 可知,调制过程中 4 个处理中部烟叶叶黄素含量变化趋势基本一致,其下降速率均呈由快到慢的趋势。就中部叶而言,处理 B 和处理 D 的烟叶叶黄素在 $0\sim 84\text{ h}$ 降解较快,

之后降解变慢,甚至趋于平缓;而处理 A 和处理 C 的烟叶叶黄素含量在 $0\sim 96\text{ h}$ 下降较快,之后趋于平缓。至调制结束时,4 种不同调制工艺的中部烟叶叶黄素含量表现为处理 C > 处理 A > 处理 D > 处理 B,叶黄素降解量表现为处理 B > 处理 D > 处理 A > 处理 C,处理 B 中部烟叶叶黄素的降解量最多,说明处理 B 更有利于中部烟叶叶黄素的降解,处理 A 和处理 D 的中部烟叶叶黄素降解量比较接近,但降解趋势差异较大。

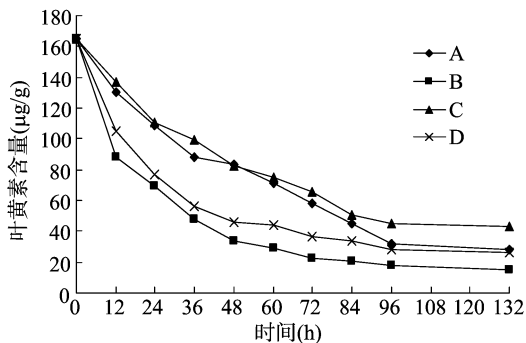


图2 调制过程中中部烟叶叶黄素含量的变化

由图 3 可知,调制过程中 4 个处理上部烟叶叶黄素含量变化趋势基本一致,其下降速率均呈由快到慢的变化趋势。处理 B 和处理 D 上部烟叶叶黄素在 $0\sim 48\text{ h}$ 迅速降解,之后降解变慢;而处理 A 和处理 C 的上部烟叶叶黄素含量在 $0\sim 96\text{ h}$ 下降较快,之后趋于平缓。至调制结束时,4 种不同调制工艺的上部烟叶叶黄素含量表现为处理 C > 处理 D > 处理 A > 处理 B,叶黄素降解量表现为处理 B > 处理 A > 处理 D > 处理 C,处理 B 上部烟叶叶黄素的降解量最多,说明处理 B 更有利于上部烟叶叶黄素的降解,处理 A 和处理 B 上部烟叶叶黄素降解量比较接近,但降解趋势差异较大。

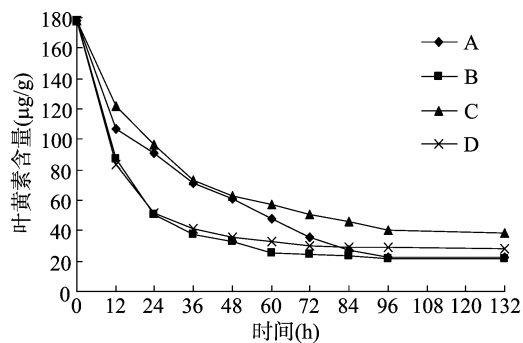


图3 调制过程中上部烟叶叶黄素含量的变化

2.2 不同调制工艺调制过程中烟叶 β -胡萝卜素含量的变化

由图 4 可知,调制过程中 4 个处理下部叶 β -胡萝卜素含量变化趋势基本一致,其下降速率均呈由快到慢的变化趋势。4 种处理均在 $0\sim 12\text{ h}$ 降解较快,12 h 之后降解变慢,在 $0\sim 72\text{ h}$ 烟叶中的 β -胡萝卜素降解量表现为处理 B > 处理 A > 处理 D > 处理 C,在 $72\sim 132\text{ h}$ 处理 C 和处理 D 的降解速率变慢,至调制结束时,下部叶中 β -胡萝卜素的含量表现为处理 D > 处理 C > 处理 A > 处理 B, β -胡萝卜素降解量表现为处理 B > 处理 A > 处理 C > 处理 D,处理 B 下部叶的 β -胡萝卜素降解量最多,说明处理 B 更有利于下部叶 β -胡萝卜素的降解,处理 D 在 84 h 后含量不降反增,可能与烟叶含水量变化和测量误差有关。

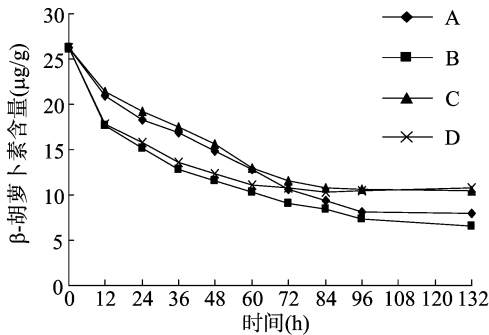


图4 调制过程中下部叶β-胡萝卜素含量的变化

由图 5 可知,调制过程中处理 B、处理 D 中部叶β-胡萝卜素在 0~24 h 内快速降解,在 24~132 h 内降解缓慢;处理 A 在 60~72 h 内急剧降解,至 72 h 时,降解量超过其他 3 种处理。整个调制过程中在 0~72 h 内烟叶中β-胡萝卜素的降解量表现为处理 A>处理 B>处理 D>处理 C,处理 A 的β-胡萝卜素降解量最多,说明处理 A 更有利于中部叶β-胡萝卜素的降解,至调制结束时,中部叶的β-胡萝卜素含量表现为处理 C>处理 D>处理 B>处理 A,β-胡萝卜素降解量表现为处理 A>处理 B>处理 D>处理 C,其中 60~72 h 内处理 A 中部叶的β-胡萝卜素急剧降解,可能与烤房温湿度条件变化有关。

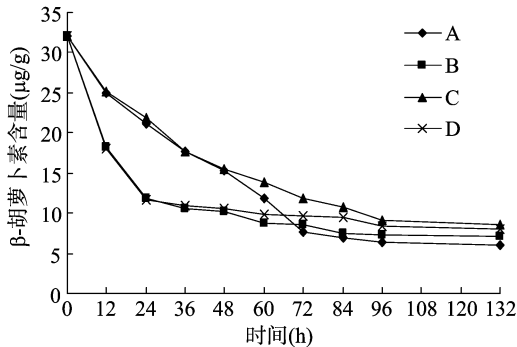


图5 调制过程中中部叶β-胡萝卜素含量的变化

由图 6 可知,调制过程中 4 个处理上部叶β-胡萝卜素含量变化趋势基本一致,其下降速率均呈由快到慢的变化趋势,4 种处理的下降速率均在 0~48 h 内较快,48 h 之后变慢。在 0~48 h 内处理 B 与处理 D 上部烟叶中的β-胡萝卜素降解比处理 A 和处理 C 快,之后 4 种处理上部叶的β-胡萝卜素

降解趋势变缓。至调制结束时,上部叶中β-胡萝卜素的含量表现为处理 C>处理 D>处理 A>处理 B,β-胡萝卜素的降解量为处理 B>处理 A>处理 D>处理 C,处理 B 条件下烟叶β-胡萝卜素降解量最多,说明处理 B 更有利于上部烟叶β-胡萝卜素的降解。

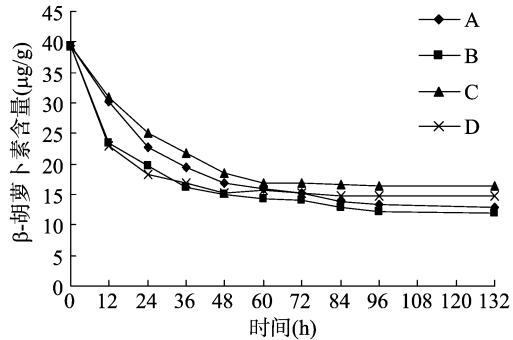


图6 调制过程中上部叶β-胡萝卜素含量的变化

2.3 烟叶感官质量分析

由表 5 可知,下部叶评吸总分变化趋势与香气量和燃烧性相一致,与其他指标差别较大;中部叶总分变化趋势与香气质、香气量和燃烧性相一致,与其他指标差别较大;上部叶总分变化趋势与香气质、香气量、劲头相一致,与其他指标差别较大,总的来说,3 个部位的烟叶在全过程低温低湿调制工艺条件下的感官质量最佳。不同部位烟叶在不同调制工艺下总分排序均表现为处理 A>处理 B>处理 C>处理 D。不同部位烟叶叶黄素降解量以处理 B 最多,除下部叶外,中、上部叶的β-胡萝卜素降解量也是以处理 B 最多,总的来数,处理 B 的类胡萝卜素降解量最多,但不同部位处理 A 的烟叶感官质量最好,说明类胡萝卜素的降解量和烟叶感官质量之间不成正比,具体原因还须进一步试验探讨分析。

2.4 烟叶致香物质含量分析

由表 6 可知,本试验检测出的致香物质共有 72 种,可以分为 8 类,其中酮类、醇类和烯炔类致香物质含量较高。就下部叶而言,烟叶在不同调制工艺处理后致香物质含量排序为处理 D>处理 B>处理 A>处理 C,烟叶在全过程中温中湿条件下致香物质含量最多,为 692.025 μg/g,且该处理的烯炔类物质含量较多,为 526.866 μg/g,占致香物质总含量的 76.13%;就中部叶而言,烟叶在不同调制工艺处理后致香物质含量排序为处理 D>处理 A>处理 C>处理 B,烟叶在全过

表 5 不同调制工艺处理后不同部位烟叶感官评吸结果

部位	处理	香气质	香气量	杂气	浓度	劲头	刺激性	余味	燃烧性	灰分	合计
下部叶	A	6.79	6.79	7.17	7.08	7.23	7.03	7.34	8.23	8.35	66.01
	B	6.17	6.53	7.25	6.94	7.34	7.06	7.36	8.21	8.28	65.14
	C	6.47	6.49	7.14	6.86	7.14	7.05	7.24	8.16	8.29	64.84
	D	6.02	6.34	7.12	6.91	7.08	7.01	7.2	8.13	8.24	64.05
中部叶	A	7.42	7.55	7.22	7.53	7.34	7.24	7.32	8.25	8.30	68.17
	B	7.35	7.52	7.17	7.48	7.31	7.13	7.28	8.22	8.27	67.73
	C	7.15	7.21	7.20	7.52	7.28	7.16	7.30	8.18	8.32	67.32
	D	7.08	7.15	7.14	7.34	7.30	7.20	7.14	8.16	8.18	66.69
上部叶	A	7.14	7.18	6.94	7.61	7.17	6.53	7.09	8.18	8.22	66.06
	B	7.02	7.07	6.95	7.48	7.09	6.49	7.11	8.08	8.15	65.44
	C	6.97	7.03	6.74	7.32	6.84	6.52	7.04	8.12	8.07	64.65
	D	6.34	6.92	6.53	7.39	6.35	6.34	7.06	8.03	8.13	63.09

程中温中湿条件下致香物质含量最多,为 362.799 $\mu\text{g/g}$,该处理的烯烃类物质含量为 281.319 $\mu\text{g/g}$,占致香物质总含量的 77.54%;中、下部烟叶产生致香物质最多的条件为处理 D,但是处理 D 的感官评吸得分最低,感官质量最差。就上部叶而言,烟叶在全过程低温低湿条件下致香物质含量最多,为 498.676 $\mu\text{g/g}$,该处理的烯烃类物质含量为 363.245 $\mu\text{g/g}$,占致香物质总含量的 72.84%;烟叶在不同调制工艺处理后致香物质含量排序为处理 A > 处理 B > 处理 D > 处理 C,与烟叶

感官质量排序基本一致,上部烟叶产生致香物质最多的条件为处理 A,且处理 A 的感官评吸得分最高,感官质量最佳。总体而言,中、下部烟叶的致香物质含量与感官质量之间的变化规律存在较大差异,上部叶致香物质含量与感官质量之间的变化规律基本一致,造成这些差异的原因可能是烟叶经过不同调制工艺产生的致香物质种类和含量有所不同,因此,对于烟叶致香物质与感官质量之间的关系还须要进一步的试验研究和探讨。

表 6 不同调制工艺处理后不同部位致香物质组分及含量

处理	酮类		醛类		醇类		脂类		酸类		酚类		氮杂环类		烯烃类		总计 ($\mu\text{g/g}$)
	含量 ($\mu\text{g/g}$)	占比 (%)	含量 ($\mu\text{g/g}$)	占比 (%)	含量 ($\mu\text{g/g}$)	占比 (%)	含量 ($\mu\text{g/g}$)	占比 (%)	含量 ($\mu\text{g/g}$)	占比 (%)	含量 ($\mu\text{g/g}$)	占比 (%)	含量 ($\mu\text{g/g}$)	占比 (%)	含量 ($\mu\text{g/g}$)	占比 (%)	
下部叶(A)	47.277	8.87	7.506	1.41	20.335	3.82	8.030	1.51	9.901	1.86	2.118	0.40	2.675	0.50	435.006	81.64	532.848
下部叶(B)	64.123	12.00	7.943	1.49	25.372	4.75	11.148	2.09	16.319	3.05	2.936	0.55	3.551	0.66	402.933	75.41	534.325
下部叶(C)	52.584	11.52	9.154	2.01	20.129	4.41	8.090	1.77	9.833	2.15	2.499	0.55	3.024	0.66	351.090	76.93	456.403
下部叶(D)	51.830	7.49	5.785	0.84	37.069	5.36	39.588	5.72	25.341	3.66	2.705	0.39	2.841	0.41	526.866	76.13	692.025
中部叶(A)	49.912	14.12	6.222	1.76	17.820	5.04	11.351	3.21	23.394	6.62	2.591	0.73	2.853	0.81	239.235	67.70	353.378
中部叶(B)	49.977	14.91	6.271	1.87	16.804	5.01	10.986	3.28	24.135	7.20	2.638	0.79	3.106	0.93	221.376	66.02	335.293
中部叶(C)	43.499	12.94	5.689	1.69	17.509	5.21	13.883	4.13	22.209	6.61	1.973	0.59	2.613	0.78	228.776	68.06	336.151
中部叶(D)	34.889	9.62	5.417	1.49	16.452	4.53	12.295	3.39	8.278	2.28	2.016	0.56	2.133	0.59	281.319	77.54	362.799
上部叶(A)	65.092	13.05	8.515	1.71	22.298	4.47	13.683	2.74	18.275	3.66	3.496	0.70	4.072	0.82	363.245	72.84	498.676
上部叶(B)	63.346	13.19	9.327	1.94	20.701	4.31	12.418	2.59	24.478	5.10	3.270	0.68	4.415	0.92	342.353	71.28	480.308
上部叶(C)	51.031	14.08	7.609	2.10	14.725	4.06	8.833	2.44	18.028	4.97	2.558	0.71	3.285	0.91	256.404	70.74	362.473
上部叶(D)	47.420	10.11	10.248	2.18	19.673	4.19	22.879	4.88	21.911	4.67	2.231	0.48	2.584	0.55	342.252	72.94	469.198

2.5 烟叶类胡萝卜素降解速率与感官质量、致香物质含量分析

由表 7 可知,相同处理同一部位烟叶的叶黄素降解速率与 β -胡萝卜素降解速率之间无显著差异,但是两者与感官质量和致香物质含量之间均存在显著差异,同时烟叶感官质量和致香物质含量之间也存在显著差异,表明类胡萝卜素降解速率与烟叶感官质量、致香物质含量之间存在显著差异。

致香物质含量之间的相关性 P 值分别为 0.778、0.909,烟叶 β -胡萝卜素降解速率与感官质量、致香物质含量之间的相关性 P 值分别为 0.184 和 0.057,说明烟叶类胡萝卜素降解速率与烟叶感官质量、致香物质含量之间无显著相关性。烟叶感官质量与致香物质含量之间的相关性 P 值为 0.032,说明两者之间存在显著相关性,两者之间的具体联系还须要进一步探讨研究。

通过相关性分析可知,烟叶叶黄素降解速率与感官质量、

表 7 烟叶类胡萝卜素降解速率与感官质量、致香物质含量分析

部位	处理	叶黄素降解速率 [$\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$]	β -胡萝卜素降解速率 [$\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$]	感官质量 (分)	致香物质含量 ($\mu\text{g/g}$)
下部叶	A	1.07a	0.15a	66.01b	532.84c
	B	0.98a	0.10a	65.14b	534.32c
	C	0.98a	0.14a	64.84b	456.40c
	D	0.94a	0.12a	64.05b	692.02c
中部叶	A	1.14a	0.19a	68.17b	353.37c
	B	1.05a	0.18a	67.73b	335.29c
	C	1.03a	0.20a	67.32b	336.15c
	D	0.92a	0.17a	66.69b	362.80c
上部叶	A	1.19a	0.21a	66.06b	498.68c
	B	1.14a	0.19a	65.44b	480.31c
	C	1.18a	0.20a	64.65b	362.47c
	D	1.06a	0.17a	63.09b	469.20c

注:同行数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

3.1 讨论

新鲜烟叶中的类胡萝卜素类色素主要包括 β -胡萝卜素、叶黄素、新黄质和紫黄质,在调制期间高度氧化的新黄质和紫黄质几乎全部分解,烤后烟叶中的类胡萝卜素基本只剩 β -胡萝卜素和叶黄素^[17]。我国烤后烟叶中的类胡萝卜素含

量很少超过 200 $\mu\text{g/g}$,烤后烟叶中的类胡萝卜素含量大多为 80~100 $\mu\text{g/g}$,这可能是烤烟香型风格形成的基础。在调制工艺研究上,普遍认为,采取低温慢变黄、定色期慢升温等工艺措施可使类胡萝卜素降解多,香气物质含量高,烟叶的质量最优^[8-12]。本试验中,不同部位烟叶中的叶黄素和 β -胡萝卜素在处理 B 条件下,在开烤后 48 h 依然保持较快的降解速率,最终烟叶中的叶黄素含量最低, β -胡萝卜素含量较低且

烟叶呼吸得分较高,说明在云南玉溪卧式密集烤房中,烟叶变黄、凋萎期采用低温低湿,凋萎后采用中温中湿进行烘烤,有利于类胡萝卜素的降解。

在整个调制过程中烟叶中的类胡萝卜素含量总体呈降低趋势,其中变黄期下降速度较快,而 4 种调制工艺中又以处理 B 与处理 D 叶黄素和 β -胡萝卜素降解速率较快;从凋萎期开始温湿度对叶黄素降解影响不大,各处理降解趋势大体一致,而 β -胡萝卜素在凋萎期开始后在处理 A 条件下依然保持较快的分解速度。现有研究认为,烤烟香气物质大部分在调制的变黄期和凋萎期形成,因此这 2 个阶段的温湿度条件对烟叶品质的形成具有决定性影响^[18]。在低温和适宜湿度条件下,烟叶失水速率慢,导致烟叶变黄时间长,使烟叶内具有适宜的水分,进而促进烟叶前体物质的转化分解和烟叶致香成分的形成,有利于提高烟叶的香气品质。本试验中,云南玉溪烟区不同部位烟叶在处理 B 条件下叶黄素和 β -胡萝卜素降解量最大,感官呼吸得分较高,烟叶感官质量较佳,即在变黄期、凋萎期低温低湿,干叶期、干筋期中温中湿条件下烟叶中的叶黄素和 β -胡萝卜素降解得最充分,主要是由于烟叶叶黄素和 β -胡萝卜素降解所需酶在此条件下活性较高,有利于叶黄素和 β -胡萝卜素的降解,这与杨子娟的研究结果^[18]相一致;但在处理 D 条件下中、下部叶致香物质含量最高,上部叶致香物质含量叶较高,即在全过程中温中湿条件下烟叶类胡萝卜素转化或产生的致香物质最多,主要是由于烟叶细胞内与致香物质合成有关的酶在中温中湿条件下活性较高,有利于促进致香物质的合成,这与崔国民的研究结果^[19]相一致;同时,通过分析发现,并非烟叶致香物质含量越高感官质量越好,可能原因是烟叶致香物质的含量、比例和相互作用导致烟叶致香物质和感官质量变化规律存在一定差异。

3.2 结论

试验结果表明,在调制过程中,不同部位烟叶在不同温湿度条件下的叶黄素、 β -胡萝卜素含量的下降速率均呈由快到慢的变化趋势,在前 48 h 降解速率较快,随后因处理和部位不同而有所差异。就叶黄素而言,下部叶在开烤后 48 h 内降解较快,中、上部叶在开烤后 96 h 内降解速率较快,随后速度变缓,可能原因为下部叶水分含量较多,干物质较少,类胡萝卜素分解较快,而中、上部叶因干物质积累较多,分解较慢;不同调制工艺对叶黄素的降解影响不同,但从最终降解量来说,中、下部叶,处理 B、D 优于处理 A、C,而上部叶处理 A、B 效果优于处理 C、D,体现在降解速率较快和降解量较多 2 个方面,且 3 个部位均以处理 B 降解量最大,效果最优。就 β -胡萝卜素而言,下部叶降解趋势最为平缓,4 个处理之间的降解趋势差异不大,中、上部叶前期的降解速率较快,后期趋于平缓,且处理 A、处理 B 降解量明显多于处理 C、处理 D;不同调制工艺对 β -胡萝卜素降解影响也有所不同,从最终降解量来看,处理 A、处理 B 高于处理 C、处理 D,其中以处理 B 的叶黄素降解量最多,除中部叶外 β -胡萝卜素降解量最多,效果最好。虽然不同调制工艺下不同部位烟叶的致香物质含量存在较大差异,但均在全过程低温低湿条件下的烟叶呼吸得分最高,烟叶感官质量最佳。由此可以看出,在云南玉溪卧式密集烤房中,整个调制过程不同部位烟叶采用变黄期、凋萎期低温低湿,干叶期、干筋期中温中湿更有利于叶黄素和 β -胡萝卜

素的分解,且有利于烟叶质量的提高。

参考文献:

- [1] 徐秀红,孙福山,王永,等. 我国密集烤房研究应用现状及发展方向探讨[J]. 中国烟草科学,2008,29(4):54-56,61.
- [2] 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.
- [3] 周冀衡,杨虹琦,林桂华,等. 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(自然科学版),2004,30(1):20-23.
- [4] 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呼吸质量的影响研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2005,31(1):11-14.
- [5] Chortyk O T, Schlotzhauer W S, Stedman R L. Composition studies on tobacco. XXIII. Pyrolytic and structural investigations on the polyphenol - amino acid pigments of leaf [J]. Beiträge zur Tabakforschung,1966,3(6):424-429.
- [6] 付亚丽,李宏光,苏勇,等. 烤烟类胡萝卜素含量的产地、品种与部位差异性分析[J]. 西南农业学报,2010,23(3):685-689.
- [7] 杨虹琦,陈若星,张发明,等. 不同烤烟品种成熟及烘烤过程中类胡萝卜素含量分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2012,27(3):379-383.
- [8] 延小东. 烤烟三段式烘烤关键技术研究[J]. 西北农业学报,2004,13(4):112-114.
- [9] 刘海轮. 烤烟三段式烘烤低温慢变黄机理的研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(3):45-47.
- [10] 詹军,周芳芳,贺帆,等. 密集烘烤定色期升温速度对烤烟类胡萝卜素降解和颜色的影响[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2012,41(2):122-127.
- [11] 杨涛,高远,张明坤,等. 密集烘烤时的温湿条件对烤后烟叶类胡萝卜素及其降解产物含量的影响[J]. 安徽农业科学,2012,40(35):17283-17286.
- [12] 高玉珍,王卫峰,张骏,等. 密集烘烤不同变黄温湿条件对烟叶中性致香物质的影响[J]. 云南农业大学学报,2008,23(2):215-219.
- [13] 艾复清,刘昱. 变黄温湿度与烟叶焦油量和香吃味关系的研究[J]. 中国烟草科学,2008,29(4):46-50,53.
- [14] 孟可爱,聂荣邦,肖春生,等. 密集烘烤过程中烟叶水分和色素含量的动态变化[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2006,32(2):144-148.
- [15] 黄维,韩善红,崔国民,等. 不同调制工艺对烘烤过程中烟叶类胡萝卜素降解致香物质的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2016,41(7):96-102.
- [16] 宋朝鹏,武圣江,高远,等. 烤烟密集烘烤变黄期类胡萝卜素及其降解香气成分的变化[J]. 中国农业科学,2010,43(20):4246-4254.
- [17] 左天觉. 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.
- [18] 杨子娟,典瑞丽,崔国民,等. 不同调制工艺对烟叶化学成分致香物质及香吃味的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(36):290-294.
- [19] 崔国民,黄维,赵高坤,等. 不同烘烤工艺对烟叶呼吸质量及致香物质的影响[J]. 安徽农业科学,2013,41(24):10125-10128.