



白肋烟、晒烟和烤烟烟叶在 6 年贮藏过程中主要酮类香气成分的变化趋势

张梦玥¹, 史宏志¹, 毕艳玖², 刘百战², 周骏², 段卫东³

1 河南农业大学 国家烟草栽培生理生化研究基地/烟草行业烟草栽培重点实验室, 郑州, 450002;

2 上海烟草集团有限责任公司 烟草行业卷烟烟气重点实验室, 上海, 200082;

3 河南中烟工业有限责任公司, 郑州, 450000

摘要: 为了进一步明确不同类型烟叶样品长期贮藏过程中主要酮类香气成分变化规律, 采用 LC-GC 方法测定调制后样品在 6 年自然贮藏过程中主要酮类香气成分含量。结果表明: 1) 随贮藏时间增加, 烟叶主要酮类香气成分变化均符合二次曲线模型, 白肋烟酮类香气物质总量最高, 贮藏期间所有阶段平均值为 46.251 $\mu\text{g/g}$, 且在长期贮藏过程中含量增加时间长, 酮类挥发性香气含量峰值出现在 61 个月。其次为晒烟, 贮藏期间平均含量为 40.053 $\mu\text{g/g}$, 酮类挥发性香气含量峰值出现在 48 个月。烤烟贮藏期间平均含量最低, 为 26.306 $\mu\text{g/g}$, 酮类挥发性香气含量峰值出现在 38 个月。2) 类胡萝卜素降解产物巨豆三烯酮、氧化紫罗兰酮等含量先上升后下降, 呈现抛物线形式。茄酮、降茄二酮等含量逐渐下降。3) 白肋烟巨豆三烯酮等含量最高; 晒烟 β -紫罗兰酮 (0.830 $\mu\text{g/g}$) 等含量最高; 烤烟降茄二酮等含量较高, 两地区烤烟降茄二酮平均含量达到 0.400 $\mu\text{g/g}$ 。不同类型烟叶样品适宜的陈化期不同, 白肋烟和晒烟比烤烟更耐贮藏, 烤烟贮藏时间应控制在 35 个月内, 白肋烟晒烟贮藏时间不超过 60 个月, 有利于提高烟叶可用性。

关键词: 烤烟; 白肋烟; 晒烟; 贮藏; 酮类; 巨豆三烯酮; 氧化紫罗兰酮; 茄酮

引用本文: 张梦玥, 史宏志, 毕艳玖, 等. 白肋烟、晒烟和烤烟烟叶在 6 年贮藏过程中主要酮类香气成分的变化趋势 [J]. 中国烟草学报, 2018, 24 (5)

烟草香味是衡量和评价烟草质量的重要指标^[1], 是多种具有特定香气特征的香气成分共同作用的结果。烟草挥发性致香物质含量与种类直接决定烟草的香气^[2-3], 其中酮类香味物质是烟草中重要的致香物质, 其与感官质量的相关性非常高^[4-8], 不同酮类物质对烟叶香气特征及其对香味的贡献不同, 但都对卷烟的吸味、满足感等有较强影响, 可赋予烟叶干草样甜香、可可香、花香、木香等, 使烟气舒适, 并改善侧流烟气香气^[9-11], 酮类成分也是卷烟加香中的主要物质^[12-14]。

烟草贮藏是借助自然气候的变化, 利用季节性温度上升, 促进烟叶内酶的活动及氧化作用等, 促使烟叶缓慢发酵的过程, 该过程可促进烟叶内在化学成分转化, 使青杂气和刺激性下降, 烟叶香气透发、烟气

醇和细腻, 同时改善余味、增强燃烧性^[15-16]。贮藏期间烟叶主要香气成分含量变化较大; 随着贮藏时间的延长, 烟叶中大多数香气物质的含量有所增加, 尤其是低分子量的成分更为明显, 香味成分在贮藏前期缓慢增加并达到最大值, 后期开始下降^[10,17-22]。一般该过程进行 2~3 年为最佳, 但在实际生产中烟叶的贮藏时间多在 5 年以上。

目前国内研究多集中在生态、栽培等方面对致香物质以及不同的贮藏环境对烟叶化学成分、物理变化的影响等^[23-32]。本试验通过在烤烟、白肋烟和晒烟 6 年贮藏过程中定期取样, 分析了烟叶中主要挥发性酮类香气物质含量, 以及长期贮藏过程中不同类型烟叶主要酮类香气物质含量的变化趋势, 以为烟叶合理贮藏和有效利用, 提供理论依据。

基金项目: 上海烟草集团北京卷烟厂项目 (JZ12006); 烟草行业烟草栽培重点实验室项目 (yczp201504)

作者简介: 张梦玥 (1993—), 在读硕士研究生, 主要从事烟草栽培生理研究, Email: myzhang93@163.com

通讯作者: 史宏志 (1963—), 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事烟草栽培生理研究, Email: shihongzhi88@163.com

收稿日期: 2018-04-23; **网络出版日期:** 2018-10-23

1 材料与方法

1.1 供试材料与样品制备

供试材料取自各类型烟叶典型产区, 具体信息见表 1。

取调制后的每个类型和产地烟叶 10kg。烟叶去

除主脉后, 剪成 3 ~ 5cm² 大小的碎片, 充分混匀, 2011 年 12 月第一次取样后自然贮藏, 每隔 128 天取样 1 次, 每次取样 50g, 分别进行冷冻干燥, 最后一次取样完成后将全部样品取出磨粉, 过 60 目筛, 统一进行样品主要酮类香气成分含量的测定, 每样品重复测 3 次。

表 1 供试材料基本信息表
Tab.1 Basic information for test materials

供试材料	品种	部位	等级	取样个数	来源
四川晒烟	万毛 1 号	上部	B	5	四川省达州市烟草公司
四川白肋烟	达白 1 号	上部	B2F	5	四川省达州市烟草公司
云南白肋烟	TN86	上部	B2F	5	河南省平顶山市烟草公司
云南烤烟	红花大金元	上部	B2F	5	云南省大理州烟草公司
河南烤烟	中烟 100	上部	B2F	5	云南省大理州烟草公司

注: 5 种类型烟叶分别为相应烟草公司寄送的混合样, 每个类型由 5 个烟站同品种同等级混合而成。

1.2 仪器与试剂

α -紫罗兰酮内标溶液购置于 Accustandard 公司 (New Haven, CT, USA), 用正己烷稀释内标溶液至 11.2 μ g/mL 待用; 正己烷、叔丁基甲醚购置于 Tedia 公司 (Fairfield, OH, USA); 震荡使用 Vortex-Genie2 多功能旋涡混合器, 购置于 Scientific Industries 公司 (USA); HPLC 使用 Agilent1290 购置于 Agilent 公司 (Palo Alto, CA, USA); GC/MS 使用 Agilent5975 购置于 Agilent 公司 (Palo Alto, CA, USA)。

1.3 测定方法

采用上海烟草集团技术中心改进的正己烷常温萃取前处理方法和 LC-GC 方法^[33]测定烟草中主要酮类香气成分含量。

1.3.1 烟叶样品前处理

称取 0.2g 烟末并放入 20mL 螺口试管中, 加入 5mL 正己烷和叔丁基甲醚混合溶剂 (1: 1), 然后加入 200 μ L α -紫罗兰酮 (11.2 μ g/mL) 内标溶液, 静置 24h, 在旋涡混合器上每分钟 200 转震荡 1 分钟, 3000 转离心 10min, 取 1 ~ 2 mL 上清液至色谱样品瓶。

1.3.2 HPLC 条件

Waters Styragel HR0.5 凝胶色谱柱 (30cm \times 4.6cm

i.d., 5m), 流动相二氯甲烷, 流速 0.25mL/min, 进样量 20 μ L, 柱温箱 30 $^{\circ}$ C。DAD 检测波长 238nm、254nm 和 320nm。

1.3.3 GC/MS 条件

色谱柱 DB-5MS (30m \times 0.25mm i.d., 0.25m df), 炉温箱初始温度 40 $^{\circ}$ C 保持 14min, 以 4 $^{\circ}$ C/min 升至 290 $^{\circ}$ C, 保持 5min。GC/MS 传输线温度 280 $^{\circ}$ C, MS 离子源温度 230 $^{\circ}$ C, 四极杆温度 170 $^{\circ}$ C, 质量范围 45~350amu。质谱采用 NIST98 和 WILEY6.0 谱库并联检索定性, 假定相对校正因子为 1, 采用内标法定量。

1.3.4 接口条件

参考中国发明专利《高效液相色谱与气相色谱/质谱联用的接口装置》^[34]。

1.4 数据分析

采用 Excel2007 进行基础数据处理和绘图。运用 SPSS 20.0 进行统计分析。

2 结果与分析

白肋烟、晒烟和烤烟烟叶样品在 6 年贮藏过程中主要酮类香气成分的初始值, 最终值和最大值见表 2。

表 2 不同类型烟叶样品贮藏过程中主要酮类香气成分数据总表
 Tab.2 Changes in main ketone aroma components content of different types of tobacco during storage

主要酮类香气成分	四川晒烟			四川白肋烟			云南白肋烟			云南烤烟			河南烤烟		
	初始值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最大值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最终值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	初始值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最大值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最终值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	初始值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最大值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最终值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	初始值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最大值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最终值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	初始值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最大值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	最终值 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
香叶基丙酮	1.569	1.905	1.985	1.258	1.528	1.777	0.786	1.052	1.481	0.752	0.384	1.093	0.734	0.725	1.314
二氢猕猴桃内酯	8.212	11.279	12.948	7.682	11.053	14.484	3.588	7.637	9.828	3.776	5.868	8.254	3.686	5.772	8.496
3- 羟基- β - 二氢 大马酮	1.399	2.071	3.055	1.512	1.966	2.733	1.294	2.291	3.591	1.906	5.310	6.909	3.067	5.377	7.619
类胡 萝卜 素降 解酮 类成 分	1.374	1.833	1.861	1.329	2.004	2.060	0.931	1.332	1.433	0.972	1.354	1.762	0.766	1.241	1.587
β - 紫罗兰酮	0.795	0.780	0.897	0.804	0.688	0.804	0.766	0.633	0.766	0.723	0.566	0.723	0.729	0.600	0.729
巨豆三烯酮 1	0.718	1.708	1.804	1.595	1.955	2.067	0.872	2.144	2.191	0.255	0.469	0.819	0.284	0.325	0.855
巨豆三烯酮 2	4.952	10.216	10.809	11.546	14.442	14.870	6.193	15.608	15.665	1.568	2.905	5.329	1.921	2.882	5.417
巨豆三烯酮 3	0.605	1.060	1.379	1.146	1.360	1.588	0.773	1.443	1.746	0.361	0.838	1.203	0.595	0.915	1.368
巨豆三烯酮 4	4.024	9.893	9.893	9.348	12.967	12.967	6.364	14.064	14.711	1.557	2.585	5.171	1.701	2.514	5.701
西柏 烷类 降解 酮类 成分	4.746	3.423	4.746	5.726	4.038	5.726	6.567	3.534	6.567	3.926	1.806	3.956	3.686	1.662	3.686
降茄二酮	0.285	0.093	0.289	0.119	0.020	0.119	0.198	0.055	0.198	0.606	0.443	0.622	0.346	0.198	0.346

2.1 烟草贮藏过程中类胡萝卜素降解酮类成分含量的变化

2.1.1 香叶基丙酮含量的变化

6年自然贮藏期间香叶基丙酮含量动态变化规律如表2。由表可看出,不同类型烟叶样品间差异显著,晒烟烟叶样品的香叶基丙酮含量最高,其次为两种白肋烟,烤烟烟叶样品的含量最低。同类型烟叶中,四

川白肋烟香叶基丙酮含量高于云南白肋烟,云南烤烟含量低于河南烤烟。随贮藏时间的增加,3种类型烟叶样品香叶基丙酮含量均呈现出先上升后下降的趋势。烤烟下降趋势明显,其次为白肋烟,晒烟上升趋势较下降趋势更为明显。3种类型烟叶样品模拟方程决定系数均达0.70以上,拟合程度较高。

表3 不同类型烟叶样品贮藏过程中香叶基丙酮含量的变化

Tab.3 Changes in Geranylacetone content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -0.0001x^2 + 0.015x + 1.4526$	0.830**	1.569a	1.905a	1.752a
四川白肋烟	$y = -0.0002x^2 + 0.0192x + 1.162$	0.812**	1.258b	1.528b	1.496b
云南白肋烟	$y = -0.0006x^2 + 0.0401x + 0.8148$	0.832**	0.786c	1.052c	1.248bc
云南烤烟	$y = -0.0002x^2 + 0.0031x + 0.8895$	0.711**	0.752c	0.384e	0.794d
河南烤烟	$y = -0.0005x^2 + 0.0307x + 0.8254$	0.748**	0.734c	0.725d	1.066c

注: 决定系数列 ** 代表相关性有高度统计学意义 ($p < 0.01$)。其余同列不同小写字母表示组间差异有统计学意义 ($p < 0.05$)。下同。

2.1.2 二氢猕猴桃内酯含量的变化

从不同类型烟叶样品6年自然贮藏期间二氢猕猴桃内酯含量变化(表3)可看出,四川晒烟二氢猕猴桃内酯含量前期多于四川白肋烟,后期相反;两者二氢猕猴桃内酯含量均显著大于云南白肋烟以及两种烤烟样品。同地区不同类型烟叶二氢猕猴桃内酯含量接

近。同种类型烟叶间,四川白肋烟二氢猕猴桃内酯含量显著大于云南白肋烟,河南烤烟则大于云南烤烟。随贮藏时间增加,3种类型烟叶二氢猕猴桃内酯含量均呈现出先增加后降低的趋势。晒烟于36个月达到高点,白肋烟和烤烟分别于50、43个月达到最高点。

表4 不同类型烟叶样品贮藏过程中二氢猕猴桃内酯含量的变化

Tab.4 Changes in Dihydroactinidiolide content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -0.0029x^2 + 0.241x + 7.4511$	0.923**	8.212a	11.279a	10.938a
四川白肋烟	$y = -0.0022x^2 + 0.2418x + 6.2494$	0.856**	7.682a	11.053a	10.668a
云南白肋烟	$y = -0.0026x^2 + 0.2509x + 2.9545$	0.931**	3.588b	7.637b	7.066b
云南烤烟	$y = -0.0019x^2 + 0.1658x + 3.6045$	0.845**	3.776b	5.868c	6.093b
河南烤烟	$y = -0.0028x^2 + 0.2171x + 3.6826$	0.919**	3.686b	5.772c	6.670b

2.1.3 3-羟基- β -二氢大马酮含量的变化

从3-羟基- β -二氢大马酮含量的测定结果(表5)可以看出,烤烟烟叶样品中3-羟基- β -二氢大马酮含量最高,晒烟与白肋烟烟叶样品3-羟基- β -二氢大马酮含量无显著差异。同类型烟叶中,河南烤烟3-羟

基- β -二氢大马酮含量显著大于云南烤烟,云南白肋烟大于四川白肋烟。从表中可以看出,3种类型烟叶3-羟基- β -二氢大马酮含量随贮藏时间增加呈现出先增加后降低的趋势,均于前4年增幅较大,且烤烟中该趋势更明显。

表 5 不同类型烟叶样品贮藏过程中 3-羟基-β-二氢大马酮含量的变化
Tab.5 Changes in 3-OH-damasone content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -0.0012x^2 + 0.0917x + 1.1094$	0.932**	1.399b	2.071b	2.382c
四川白肋烟	$y = -0.0003x^2 + 0.0362x + 1.4254$	0.710**	1.512b	1.966b	2.092c
云南白肋烟	$y = -0.0013x^2 + 0.1071x + 0.9392$	0.877**	1.294b	2.291b	2.492c
云南烤烟	$y = -0.0021x^2 + 0.2082x + 1.1756$	0.932**	1.906b	5.310a	4.724b
河南烤烟	$y = -0.0031x^2 + 0.2289x + 3.0981$	0.968**	3.067a	5.377a	6.020a

2.1.4 氧化紫罗兰酮含量的变化

从不同类型烟叶样品自然贮藏期间氧化紫罗兰酮含量变化中(表 6)可看出,不同类型烟叶样品间氧化紫罗兰酮含量无显著差异。同类型烟叶样品中,四川白肋烟显著大于云南白肋烟,两种烤烟无显著差异。

白肋烟、晒烟中氧化紫罗兰酮含量随时间的增长逐渐升高,而烤烟则呈现出先上升后下降的趋势,并于 35 至 40 个月之间出现拐点。3 种类型烟叶样品氧化紫罗兰酮含量一元二次模型的决定系数均为 0.78 以上,拟合程度较高。

表 6 不同类型烟叶样品贮藏过程中氧化紫罗兰酮含量的变化
Tab.6 Changes in Ionone oxide content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -0.0001x^2 + 0.0146x + 1.3364$	0.966**	1.374a	1.833a	1.640a
四川白肋烟	$y = -0.0001x^2 + 0.0199x + 1.2456$	0.957**	1.329a	2.004a	1.702a
云南白肋烟	$y = -0.0002x^2 + 0.0179x + 0.8806$	0.952**	0.931b	1.332b	1.210b
云南烤烟	$y = -0.0004x^2 + 0.0338x + 0.8937$	0.778**	0.972b	1.354b	1.397b
河南烤烟	$y = -0.0005x^2 + 0.0388x + 0.7843$	0.940**	0.766b	1.241b	1.294b

2.1.5 β-紫罗兰酮含量的变化

从不同类型烟叶样品经自然贮藏后 β-紫罗兰酮含量变化(表 7)可看出,四川晒烟 β-紫罗兰酮含量高于白肋烟,且均高于烤烟烟叶样品。同一类型烟叶样品中,四川白肋烟 β-紫罗兰酮含量大于云南白肋

烟,河南烤烟大于云南烤烟。随时间增加,四川晒烟含量先升高后降低,白肋烟和烤烟呈现出降低趋势。5 种样品的变化趋势均与模拟的一元二次方程极显著相关。

表 7 不同类型烟叶样品贮藏过程中 β -紫罗兰酮含量的变化
Tab.7 Changes in beta-Ionone content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -8\text{E-}05x^2 + 0.0042x + 0.8048$	0.712**	0.795a	0.780a	0.830a
四川白肋烟	$y = -2\text{E-}05x^2 - 0.0004x + 0.7914$	0.931**	0.804a	0.688b	0.757b
云南白肋烟	$y = -4\text{E-}06x^2 - 0.0014x + 0.7473$	0.895**	0.766ab	0.633c	0.702bc
云南烤烟	$y = 2\text{E-}05x^2 - 0.0033x + 0.7057$	0.879**	0.723b	0.566d	0.635c
河南烤烟	$y = 1\text{E-}05x^2 - 0.0022x + 0.7059$	0.871**	0.729b	0.600c	0.657c

2.1.6 贮藏过程中巨豆三烯酮含量的变化

2.1.6.1 巨豆三烯酮 1

从不同类型烟叶样品 6 年自然贮藏期间巨豆三烯酮 1 含量变化 (表 8) 可以看出, 不同类型烟叶样品间巨豆三烯酮 1 含量差异显著, 白肋烟烟叶样品含量高于晒烟, 且两者均高于烤烟烟叶样品。同种类型间,

四川白肋烟巨豆三烯酮 1 初始含量高于云南白肋烟, 而贮藏过程中云南白肋烟含量显著上升。3 种类型烟叶样品巨豆三烯酮 1 含量均先增加后减少, 烤烟出现拐点的时间较白肋烟与晒烟更短, 于 35 个月附近含量出现下降趋势, 白肋烟、晒烟于 55 个月左右稍有降低。

表 8 不同类型烟叶样品贮藏过程中巨豆三烯酮 1 含量的变化
Tab.8 Changes in Meg1 content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -0.0004x^2 + 0.0397x + 0.6321$	0.964**	0.718b	1.708a	1.357b
四川白肋烟	$y = -0.0002x^2 + 0.0168x + 1.5856$	0.776**	1.595a	1.955a	1.839a
云南白肋烟	$y = -0.0004x^2 + 0.0427x + 0.9007$	0.983**	0.872b	2.144a	1.718a
云南烤烟	$y = -0.0003x^2 + 0.0262x + 0.1006$	0.827**	0.255c	0.469b	0.490c
河南烤烟	$y = -0.0005x^2 + 0.0317x + 0.177$	0.846**	0.284c	0.325b	0.546c

2.1.6.2 巨豆三烯酮 2

从不同类型烟叶样品 6 年自然贮藏期间巨豆三烯酮 2 含量变化 (表 9) 可以看出, 不同类型烟叶样品巨豆三烯酮 2 含量有显著差异。白肋烟烟叶样品含量最高, 其次是晒烟, 烤烟烟叶样品中巨豆三烯酮 2 含

量最低。白肋烟与晒烟巨豆三烯酮 2 含量逐渐上升, 烤烟呈现先上升后下降的趋势。云南白肋烟初始含量较低但上升幅度大于四川白肋烟。两地区烤烟巨豆三烯酮 2 含量相近。5 种烟叶一元二次曲线模型的拟合程度均达到极显著水平。

表 9 不同类型烟叶样品贮藏过程中巨豆三烯酮 2 含量的变化
Tab.9 Changes in Meg2 content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -0.0021x^2 + 0.2349x + 4.0534$	0.950**	4.952c	10.216b	8.305c
四川白肋烟	$y = -0.0008x^2 + 0.0903x + 11.715$	0.900**	11.546a	14.442a	13.415a
云南白肋烟	$y = -0.0021x^2 + 0.289x + 6.0358$	0.980**	6.193b	15.608a	11.893b
云南烤烟	$y = -0.0022x^2 + 0.1764x + 0.7818$	0.812**	1.568d	2.905c	3.260d
河南烤烟	$y = -0.0023x^2 + 0.1614x + 1.6928$	0.810**	1.921d	2.882c	3.670d

2.1.6.3 巨豆三烯酮 3

从不同类型烟叶样品在自然贮藏条件下巨豆三烯酮 3 含量变化 (表 10) 中可以看出, 白肋烟烟叶样品巨豆三烯酮 3 含量高于晒烟和烤烟, 晒烟与烤烟烟叶样品含量差异不显著。同种类型间, 四川白肋烟巨

豆三烯酮 3 初始含量大于云南白肋烟, 而贮藏过程中云南白肋烟升高程度明显。河南烤烟巨豆三烯酮 3 含量大于云南烤烟。3 种类型烟叶巨豆三烯酮 3 含量均先增加后减少, 具体趋势与巨豆三烯酮 1 相似。

表 10 不同类型烟叶样品贮藏过程中巨豆三烯酮 3 含量的变化
Tab.10 Changes in Meg3 content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -0.0004x^2 + 0.036x + 0.4925$	0.934**	0.605b	1.060b	1.052b
四川白肋烟	$y = -0.0003x^2 + 0.0182x + 1.2179$	0.662**	1.146a	1.360a	1.431a
云南白肋烟	$y = -0.0005x^2 + 0.046x + 0.7035$	0.963**	0.773b	1.443a	1.390a
云南烤烟	$y = -0.0004x^2 + 0.036x + 0.2915$	0.929**	0.361c	0.838b	0.840b
河南烤烟	$y = -0.0006x^2 + 0.04x + 0.568$	0.929**	0.595bc	0.915b	1.062b

2.1.6.4 巨豆三烯酮 4

从不同类型烟叶样品 6 年自然贮藏期间巨豆三烯酮 4 含量变化 (表 11) 可看出, 白肋烟烟叶样品巨豆三烯酮 4 含量大于晒烟, 烤烟烟叶样品含量最低。

两地区白肋烟于贮藏过程中的变化规律与巨豆三烯酮 1 相似。白肋烟与晒烟巨豆三烯酮 4 含量随时间增加而逐渐升高, 烤烟呈现出先增加后降低的趋势, 且在 35 个月左右含量达到峰值。

表 11 不同类型烟叶样品贮藏过程中巨豆三烯酮 4 含量的变化
Tab.11 Changes in Meg4 content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = -0.0025x^2 + 0.2555x + 3.4574$	0.934**	4.024c	9.893c	7.839b
四川白肋烟	$y = -8\text{E-}05x^2 + 0.0589x + 9.4425$	0.964**	9.348a	12.967b	11.067a
云南白肋烟	$y = -0.0021x^2 + 0.2667x + 5.9838$	0.961**	6.364b	14.064a	11.196a
云南烤烟	$y = -0.0026x^2 + 0.1921x + 0.6183$	0.758**	1.557d	2.585d	3.114c
河南烤烟	$y = -0.0025x^2 + 0.1754x + 1.3585$	0.794**	1.701d	2.514d	3.484c

2.2 烟草贮藏过程中西柏烷类降解酮类成分含量的变化

2.2.1 贮藏过程中茄酮含量的变化

从不同类型烟叶样品 6 年自然贮藏期间茄酮含量变化 (表 12) 可看出, 不同类型间, 白肋烟烟叶样

品茄酮含量大于晒烟, 两者均大于烤烟烟叶样品。同种类型烟叶样品茄酮含量差异不显著, 清香型和浓香型烤烟并无显著差异。3 种类型烟叶茄酮含量于贮藏前期表现出下降趋势, 后期白肋烟与晒烟后期含量变化趋于平稳, 烤烟则呈现持续下降趋势。

表 12 不同类型烟叶样品贮藏过程中茄酮含量的变化
Tab.12 Changes in Solanone content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = 0.0006x^2 - 0.0539x + 4.5758$	0.783**	4.746b	3.423a	3.769ab
四川白肋烟	$y = 0.0008x^2 - 0.0709x + 5.4447$	0.748**	5.726ab	4.038a	4.403a
云南白肋烟	$y = 0.0013x^2 - 0.1201x + 6.4477$	0.919**	6.567a	3.534a	4.509a
云南烤烟	$y = -1\text{E-}05x^2 - 0.0287x + 3.8992$	0.959**	3.926bc	1.662b	3.051b
河南烤烟	$y = -0.0003x^2 - 0.0095x + 3.6352$	0.984**	3.686c	1.806b	2.947b

2.2.2 贮藏过程中降茄二酮含量的变化

从不同类型烟叶样品 6 年贮藏期间降茄二酮含量变化 (表 13) 中可看出, 烤烟烟叶样品中降茄二酮平均含量为 $0.400 \mu\text{g/g}$, 显著大于晒烟烟叶样品, 两者均大于白肋烟。同一类型间, 云南烤烟降茄二酮含

量显著大于河南烤烟, 云南白肋烟含量显著大于四川白肋烟。贮藏过程中, 5 种烟叶样品中降茄二酮含量均随时间增加而逐渐降低, 其中晒烟的降低趋势更明显。降茄二酮含量变化经拟合二次曲线模型决定系数均达到 0.93 以上, 拟合程度较高。

表 13 不同类型烟叶样品贮藏过程中降茄二酮含量的变化
Tab.13 Changes in Norsolandione content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
四川晒烟	$y = 3\text{E-}05x^2 - 0.0055x + 0.3085$	0.947**	0.285bc	0.093c	0.190bc
四川白肋烟	$y = -5\text{E-}06x^2 - 0.0011x + 0.1172$	0.935**	0.119c	0.020c	0.078c
云南白肋烟	$y = 8\text{E-}06x^2 - 0.0027x + 0.2011$	0.953**	0.198c	0.055c	0.132c
云南烤烟	$y = 5\text{E-}05x^2 - 0.0062x + 0.6428$	0.946**	0.606a	0.443a	0.521a
河南烤烟	$y = 7\text{E-}06x^2 - 0.0025x + 0.3417$	0.942**	0.346b	0.198b	0.278b

2.3 烟草贮藏过程中酮类香气物质总量的变化

从不同类型烟叶样品 6 年贮藏期间酮类香气物质总量变化 (表 14) 中可看出, 白肋烟烟叶样品含量最高, 贮藏期间所有阶段平均值为 $46.251 \mu\text{g/g}$, 其次是晒烟, 平均值为 $40.053 \mu\text{g/g}$, 烤烟烟叶样品贮藏期间所有阶段平均值为 $26.306 \mu\text{g/g}$, 显著低于前两者。

同一类型间, 四川白肋烟含量初始值较高, 但云南白肋烟增加量更多。贮藏过程中, 5 种样品中酮类香气物质总量均随时间增加先升高后降低, 烤烟呈现降低趋势的时间更短, 只有 38 个月。酮类香气物质总量变化经拟合二次曲线模型决定系数均达到 0.87 以上, 与该模型拟合程度达到极显著水平。

表 14 不同类型烟叶样品贮藏过程中酮类香气物质总量的变化
Tab.14 Changes in total ketones content of different types of tobacco during storage

地区类型	公式	决定系数	初始值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	最终值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	平均值 / ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	y 最大时 x 值
四川晒烟	$y = -0.0091x^2 + 0.8733x + 25.674$	0.957**	28.679b	44.262b	40.053b	47.984
四川白肋烟	$y = -0.0032x^2 + 0.4277x + 40.36$	0.928**	42.067a	52.020a	48.947a	66.828
云南白肋烟	$y = -0.0085x^2 + 0.9363x + 26.609$	0.965**	28.331b	49.793a	43.556b	55.076
云南烤烟	$y = -0.013x^2 + 0.91x + 16.869$	0.938**	16.404c	22.529c	24.919c	35.000
河南烤烟	$y = -0.01x^2 + 0.8034x + 13.603$	0.873**	17.513c	22.211c	27.694c	40.170

3 讨论

烟叶的香气质、香气量和香型风格是由多种香气成分的组成、含量、比例及其相互作用所决定的^[35], 前人研究认为, 不同烟草类型在致香成分组成上具有一定的相似性, 但相互间烟叶的香气质和香

气量差异很大^[36], 不同类型烟叶表现出不同的香吃味质量和风格可能是由其致香物质的含量、种类存在差异性造成的^[37], 与本实验三种类型烟草样品致香物质含量差异较大的研究结果相符, 如白肋烟烟叶样品巨豆三烯酮 4 的平均含量为 $11.131 \mu\text{g/g}$, 比烤烟烟

叶样品的 3.299 $\mu\text{g/g}$ 高 2.374 倍。

不同烟草类型或相同类型不同品种在不同的生态环境和栽培条件下,其中性香气成分的组成、状态、含量和比例不尽相同,因此表现出不同的香气类型,并对烟草品质和风格的形成造成一定的影响^[2,38]。本文中四川与云南两地的白肋烟致香成分含量有所差异。两地区白肋烟中氧化紫罗兰酮、二氢猕猴桃内酯含量差异较大,其中四川白肋烟二氢猕猴桃内酯含量较云南白肋烟高出 50.96%。从四种巨豆三烯酮变化情况可看出,贮藏前云南白肋烟巨豆三烯酮含量较低,贮藏过程中增长快,该现象可能与云南白肋烟产区空气湿度低,烟叶调制过程失水快,调制期短,类胡萝卜素的降解不充分,大量类胡萝卜素在贮藏期继续转化有关^[39]。多种香气物质,如巨豆三烯酮、二氢猕猴桃内酯、氧化紫罗兰酮等在贮藏过程中呈现出先升高后降低的趋势,可能由于在前期的贮藏过程中香气前体物质继续降解,使降解产物增加,后期前体物质减少,香气物质挥发或降解量大于生成量,故含量逐渐降低,该趋势与赵铭钦^[40]等人的研究结果相符。在贮藏过程中 β -紫罗兰酮含量降低与其可进一步转化为 β -二氢大马酮和 β -大马酮有关^[41],茄酮氧化降解为降茄二酮导致含量下降^[42],降茄二酮可以被氧化生成双环氧化物,也可以被还原、重排、最后生成六氢吡喃的衍生物^[9],在贮藏过程中含量持续降低。烤烟降茄二酮含量高于白肋烟和晒烟,可能由于烤烟烘烤调制过程中高温使茄酮的氧化降解反应加剧,降茄二酮生成量较多。

在烟草和香料化学研究的领域中,LC-GC 检测法的优势显著,其烟叶样品前处理采用溶剂萃取,可避免传统水蒸馏提取方法造成的物质水解、氧化等,可更真实反映香气物质含量;HPLC 作为净化手段,去除基质干扰的效果远优于固相萃取等常规手段。该方法使用的 HPLC-GC 在线联用的技术灵敏度、重复性、可靠性和效率较高,还可避免人为污染和氧化等不利因素^[35]。本试验中茄酮含量低于以往测得值,是因为文献报道的香气物质测定多采用采用蒸馏法,茄酮与水形成的结合态遇水导致键的断裂,转化为游离态,使得测量值升高,本试验使用有机溶剂萃取游离态茄酮,更接近真实含量。烤烟的酮类香气物质总量和大多成分一般于 35 个月左右出现下降情况,白肋烟于 60 个月左右有下降趋势,晒烟则出现在 50 个月左右,证明烤烟主要酮类香气成分含量下降时间较白肋烟和晒烟更早。

4 结论

采用 LC-GC 检测法检测出的主要酮类挥发性香气物质有氧化紫罗兰酮、巨豆三烯酮、茄酮等。白肋烟烟叶样品中巨豆三烯酮、茄酮含量最高,烤烟烟叶样品中降茄二酮等含量最高,晒烟烟叶样品中 β -紫罗兰酮等含量最高。6 年自然贮藏过程中,巨豆三烯酮等物质含量先升高后降低,且白肋烟和晒烟升高时间持续较长,烤烟下降较早。3 种类型烟叶西柏烷类降解酮类含量逐渐降低。综合分析,白肋烟和晾晒烟比烤烟更耐贮藏,应适当减少烤烟自然贮藏时间,宜控制在 35 个月左右,白肋烟和晒烟的贮藏时间应分别控制在 60 和 50 个月内更有利于提高烟叶的可用性。

参考文献:

- [1] 姚伟,等.烟草中性香味成分的分析方法探讨[J].上海烟草,1998(3):3-7.
YAO Wei, et al. Analysis of neutral aroma components in tobacco [J]. Shanghai Tobacco Industry, 1998(3):3-7.
- [2] 史宏志,刘国顺,杨惠娟,等.烟草香味学[M].北京:中国农业出版社,2011:15.
SHI Hongzhi, LIU Guoshun, YANG Huijuan, et al. Beijing: China Agriculture Press, 2011:15.
- [3] 周淑平,肖强,陈叶君,等.不同生态地区初烤烟叶中重要致香物质的分析[J].中国烟草学报,2004,10(1):9-16.
ZHOU Shuping, XIAO Qiang, CHEN Yejun, et al. Analysis of important aroma components in flue-cured tobacco leaves from different ecological regions [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2004, 10(1):9-16.
- [4] 张欢欢.卷烟制丝过程中烟丝化学成分和感官质量的动态变化研究[D].郑州:河南农业大学,2014.
ZHANG Huanhuan. Study on dynamic transformation of chemical components and sensory quality of cut tobacco during primary processing [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2014.
- [5] 杜咏梅,张建平,王树声.主导烤烟香型风格及感官质量差异的主要化学指标分析[J].中国烟草科学,2010,31(5):7-12.
DU Yongmei, ZHANG Jianping, WANG Shusheng. Major chemical indices leading the difference among different flavor types and sensory quality grades of flue-cured tobacco[J]. Chinese Tobacco Science, 2010,31(5):7-12
- [6] 史宏志,谢子发,赵永利,等.四川白肋烟不同品种中性香气成分含量及感官品质分析[J].中国烟草学报,2010,16(1):1-5.
SHI Hongzhi, XIE Zifa, ZHAO Yongli. Quantitative determination of neutral volatil aroma component and sensory evaluation of air-cured leaves of major Chinese burley varieties [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2010, 16(1):1-5.
- [7] 胡建军,周冀衡,李文伟,等.烤烟香味,成分与其感官质量的典型相关分析[J].烟草科技,2007(3):3-8.
HU Jianjun, ZHOU Jiheng, LI Wenwei, et al. Canonical correlation between flavor components and smoking quality of flue-cured tobacco [J]. Tobacco science & Technology, 2007(3):3-8.
- [8] 于建军,庞天河,章新军,等.鄂西南烤烟吸食质量与致香物质的关系[J].华中农业大学学报,2006,25(4):355-358.
YU Jianjun, PANG Tianhe, ZHANG Xinjun, et al. Relationships between aroma constituents and smoking quality in flue-cured Tobacco in Southwest of Hubei Province[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2006,25(4):355-358.

- [9] D. L. Davis, M. T. Nielsen. 烟草 - 生产, 化学和技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
D. L. Davis, M. T. Nielsen. Tobacco-Production, Chemistry and Technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [10] 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 (1):1-8.
LI Yanqiang, HU Youchi, ZHU Zhong, et al. Changes of flavor components in redried lamina of Yunnan flue-cured tobacco during aging and their consequence on sensory test[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2004 (1):1-8.
- [11] Enzell CR. Leaf composition in relation to smoking quality and aroma [J]. Rec.Avd.in Tob.Sci, 1980(6): 64-122.
- [12] 娄本, 刘善宇. 酯类与酮类烟用香料的化学合成与加香应用研究进展. 安徽农业科学, 2012,40(29):14496-14499.
LOU Ben, LIU Shanyu. Research progress on chemical synthesis and application of esters and ketones tobacco spices. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012,40(29):14496-14499.
- [13] 桂文兵, 李晓, 张春明. 几种烟草自有致香成分单体在卷烟加香中的应用 [J]. 郑州轻工业学院学报, 2011,26(1):13-16.
GUI Wenbing, LI Xiao, ZHANG Chunming. Application of several tobacco aroma components of its own monomer in tobacco flavoring [J]. Journal of Light Industry, 2011,26(1):13-16
- [14] 段胜智, 李军营, 杨利云. 烟叶致香物质及其环境影响因子的研究进展 [J]. 贵州农业科学, 2015,43(1):45-52
DUAN Shengzhi, LI Junying, YANG Liyun. Research progress of aroma substances in tobacco leaves and its environmental impact factors [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2015, 43(1):45-52
- [15] 王卫峰, 章友爱, 陈子枫, 等. 自然醇化对烟叶化学组分及致香物质的影响 [J]. 广西农学报, 2016,31(2):8-13.
WANG Weifeng, ZHANG Youai, CHEN Zifeng, et al. Impact of natural alcoholization on main chemical compositions and aroma constituents in tobacco[J]. Journal of Guangxi Agriculture, 2016,31(2):8-13.
- [16] 王玉华. 醇化过程中烟叶重要中性致香物质变化研究 [D]. 北京: 中国农业科学院研究生院, 2014.
WANG Yuhua. Study on variation of important neutral aroma constituents in tobacco leaf during aging [D]. Beijing: Graduate School of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014.
- [17] Prabhu.S. R, et al. Development of aroma-bearing compounds and their precursors in flue-cured tobacco during curing and post-curing operations [J]. Tob.Res, 1986,12(2): 175-185.
- [18] 陈万年, 宋纪真, 范坚强, 等. 福建和云南烤烟烟片的最佳醇化期及适宜贮存时间研究 [J]. 烟草科技, 2003(7): 9-12.
CHEN Wannian, SONG Jizhen, FAN Jianqiang, et al. Optimum Aging and Appropriate Storage Durations of Flue-cured Tobacco Strips Grown in Fujian and Yunnan Provinces of China[J]. Tobacco science & Technology, 2003(7): 9-12.
- [19] 范坚强, 宋纪真, 陈万年, 等. 醇化过程中烤烟片烟化学成分的变化 [J]. 烟草科技, 2003(8): 19-22.
FAN Jianqiang, SONG Jizhen, CHEN Wannian, et al. Changes of Chemical Components in Flue-cured Tobacco Strips during Aging [J]. Tobacco science & Technology, 2003(8): 19-22.
- [20] 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.
ZHU Daheng, HU Youchi, WU Ming, et al. Changes of Aroma Components in Burley Tobacco during Aging [J]. Tobacco science & Technology, 2002(9):17-21.
- [21] 李炎强, 胡有持, 宗永立, 等. 烤烟陈化过程中挥发性、半挥发性脂肪酸和 PH 的变化研究 [J]. 香料香精化妆品, 2004,(3):21-24.
LI Yanqiang, HU Youchi, ZONG Yongli, et al. Changes of Volatile, Semi-Volatile Fatty Acids and pH of Yunnan Flue-Cured Tobacco during Aging[J]. Flavour Fragrance Cosmetics, 2004,(3):21-24.
- [22] 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.
HU Youchi, MOU Dingrong, LI Yanqiang, et al. Study on the relationship between aging time of Yunnan redried lamina and its quality[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2004,10(4):1-7.
- [23] 杨兴有, 刘国顺. 成熟期光强对烤烟理化特性和致香成分含量的影响 [J]. 生态学报, 2007,8:5-7
YANG Xingyou, LIU Guoshun. Effects of different light intensity during tobacco ripe stages on the quality of flue-cured tobacco [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 8: 5-7.
- [24] 张永安, 王瑞强, 杨述元, 等. 生态因子与烤烟中性挥发性香气物质的关系研究 [J]. 安徽农业科学, 2006,34(18):4652-4654.
ZHANG Yongan, WANG Ruiqiang, YANG Shuyuan, et al. Research on the Relation of the Ecosystem Factor and Neutral Volatility Aromas in Flue-cured Tobacco [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2006, 34(18):4652-4654.
- [25] 邸慧慧, 史宏志, 王廷晓, 等. 灌水量对烤烟中性香气成分含量的影响 [J]. 灌溉排水学报, 2009,28(5):129-131.
DI Huihui, SHI Hongzhi, WANG Tingxiao, et al. Effects of Irrigation on Content of Neutral Aroma Constituents in Flue-cured Tobacco [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2009,28(5):129-131.
- [26] 汪耀富, 宋世旭, 杨亿军. 成熟期灌水量对烤烟化学成分和致香物质含量的影响 [J]. 灌溉排水学报, 2007,26(3):101-104.
WANG Yaofu, SONG Shixu, YANG Yijun, et al. Effects of Irrigation at Maturing Stage on Chemical Components and Contents of Flavor Matter in Flue-cured Tobacco Leaves[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2007, 26(3):101-104.
- [27] 刘芸, 段风云, 周廷中, 等. 不同土种对烤烟品种 K326 致香成分的影响. 昆明学院学报, 2008,30(4):55-59.
LIU Yun, DUAN Fengyun, ZHOU Tingzhong, et al. Effects of different soil on aroma components of flue-cured Tobacco K326 [J]. Journal of Kunming University, 2008, 30(4):55-59.
- [28] 何登峰, 许仪, 许自成, 等. 农艺措施和调制条件对烟草香气物质含量的影响 [J]. 中国农学通报, 2006,22(4):199-202.
HE Dengfeng, XU Yi, XU Zicheng, et al. Effects of agronomic measures and curing conditions on content of aroma components of tobacco[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2006, 22(4):199-202.
- [29] 刘国顺, 张春华, 代李鹏, 等. 不同氮磷钾配施对烤烟石油醚提取物和中性致香物质的影响 [J]. 土壤, 2009,41(6): 974-979.
LIU Guoshun, ZHANG Chunhua, DAI Lipeng, et al. Effects of different combining application of N, P, K fertilizers on petroleum ether extracts and Aroma constituents in flue-cured tobacco leaves[J]. Soils, 2009,41(6): 974-979.
- [30] 赵铭钦, 杨磊, 李元实, 等. 不同施氮水平对烤烟中性致香成分及评吸质量的影响 [J]. 云南农业大学学报, 2009,24(1):16-21.
ZHAO Mingqin, YANG Lei, LI Yuanshi, et al. Effect of different nitrogen levels on tobacco neutral aroma components and smoking quality [J]. Journal of Yunnan Agricultural University Natural Science, 2009,24(1):16-21.
- [31] Weeks W W. Effect of sucker control on the volatile compounds in flue-cured tobacco[J]. Aaric. Biol. Chem, 1986,(34):899-904.
- [32] 朱忠, 洗可法, 尚希勇. 中上部不同成熟度烤烟烟叶与主要化学成分和香味物质组成关系的研究 [J]. 中国烟草学报, 2008,14(1):6-123.
ZHU Zhong, XIAN Kefa, SHANG Xiyong. Analysis of some important neutral flavor constituents and routine constituents of Henan flue-cured tobacco leaves in different mature stage from the middle and upper stalk position [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2008,14 (1):6-123.
- [33] Dawei Qi, Ting Fei, Yunfei Sha, Leijun Wang, Gang Li, Da Wu, Baizhan Liu. A novel fully automated on-line coupled liquid chromatography-gas chromatography technique used for the determination of organochlorine pesticide residues in tobacco and tobacco products. Journal of Chromatography A, 2014. 1374: p.

- 273-277.
- [34] 上海烟草集团有限责任公司. 高效液相色谱与气相色谱/质谱联用的接口装置: 中国, CN201510242824.4[P].2015-12-16. <http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/showViewList-jumpToView.shtml>
Shanghai Tobacco Group Limited Liability Company. High performance liquid chromatography and gas chromatography/mass spectrometry combined interface device: China, CN201510242824.4 [P]. 2015-12-16. <http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/showViewList-jumpToView.shtml>
- [35] 程昌新, 卢秀萍, 许自成, 等. 基因型和生态因素对烟草香气物质含量的影响 [J]. 中国农学通报, 2005,21(11):137-139
CHENG Changxin, LU Xiuping, XU Zicheng, et al. Effects of Genotype and ecological factors on content of aroma components of tobacco. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005,21 (11):137-139[J]
- [36] 刘彩云, 刘洪祥, 常志隆, 等. 烟草香气品质研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2010, 31(6):75-78.
LIU Caiyun, LIU Hongxiang, CHANG Zhilong, et al. Advances in tobacco aroma characteristics. Chinese Tobacco Science, 2010, 31(6):75-78.
- [37] 赵晓丹, 鲁喜梅, 史宏志, 等. 不同烟草类型烟叶中性致香成分和生物碱含量差异 [J]. 中国烟草科学, 2012,33(2):7-11.
ZHAO Xiaodan, LU Ximei, SHI Hongzhi, et al. Comparison of composition and contents of neutral aroma components and alkaloids in different types of tobacco [J]. Chinese Tobacco Science, 2012,33 (2):7-11.
- [38] 苏菲, 周海燕, 魏跃伟, 等. 不同类型烟草游离态和糖苷结合态中性香气成分含量比较 [J]. 河南农业大学学报, 2012,46(6):601-608.
SU Fei, ZHOU Haiyan, WEI Yuewei, et al. Comparison of contents of free and glycosidic neutral aroma components in four different tobacco types [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2012, 46(6):601-608.
- [39] 史宏志, 刘国顺, 谢子发, 等. 不同产地白肋烟中性香气成分及生物碱组成和含量分析 [J]. 中国烟草学报, 2008,14(4):23-27.
SHI Hongzhi, LIU Guoshun, XIE Zifa, et al. Comparison of composition and contents of neutral aroma components and alkaloids between burley tobaccos from different producing areas [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2008,14 (4):23-27.
- [40] 赵铭钦, 刘金霞, 黄永成, 等. 烟草质体色素与烟叶品质的关系综述 [J]. 中国农学通报, 2007,23(7):135-138.
ZHAO Mingqin, LIU Jinxia, HUANG Yongcheng, et al. Review of the relation between the plastid pigment and the quality of tobacco leaves [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007,23 (7):135-138.
- [41] MARTENS M, DALEN G A, RUSSWUVM H. Flavour science and technology [M]. New York: John Wiley and Sons Ltd, 1987:101-106.
- [42] 甄才红. 恩施州不同海拔和品种烤烟香气物质变化规律的研究 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
ZHEN Caihong. Study on Aromatic Matter of Different Variety and Altitude in Enshi Flue-cured Tobacco [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2010.

Changes of main ketone aroma components in burley, sun-cured and flue-cured tobaccos during 6 years in storage

ZHANG Mengyue¹, SHI Hongzhi¹, BI Yanjiu², LIU Baizhan², ZHOU Jun², DUAN Weidong³

1 National Tobacco Cultivation & Physiology & Biochemistry Research Center, Zhengzhou 450002, China;

2 Key Laboratory of Cigarette Smoke Research, Shanghai Tobacco Group Co., Ltd., Shanghai 200082, China;

3 China Tobacco Henan Industrial Limited Corporation, Zhengzhou 450000, China

Abstract: Changes in main ketone aroma components in different types of tobacco leaves during long time storage were investigated. HPLC-GC/MS was applied to measure content of main ketones during natural storage for 6 years. Results showed that: 1) With the increase of storage time, the changes in main ketone aroma components in samples conformed to quadratic curve model. Total content of ketone aroma compounds in burley tobacco was the highest, with average value of 46.251 μ g/g during storage, and it increased for a longer time during 6 years storage with the peak value appeared at the 61 months. Sun-cured tobacco was the next place with the average total ketones content being 40.053 μ g/g during storage, and the peak value appeared at the 48 months. The average total ketones content of flue-cured tobacco was the lowest, only 26.306 μ g/g, with the peak value appeared at the 38 months. 2) Contents of carotenoid degradation products such as megastigmatrienone, oxo-ionone increased first and then decreased, showing a parabolic model. The contents of solanone and norsolandione decreased gradually. 3) Burley tobacco and sun-cured tobacco had the highest content of megastigmatrienone and β -ionone (0.830 μ g/g). Norsolandione contents of flue-cured tobacco samples were relatively high with average value reached 0.400 μ g/g. According to the research, the appropriate aging time was different for different tobacco types; burley tobacco and sun-cured tobacco were more durable to storage than flue-cured tobacco. Therefore, the storage time of flue-cured tobacco should be controlled within 35 months, and the storage time of burley tobacco and sun-cured tobacco could extend to 60 months, for the benefit of improving usability of tobacco leaves.

Keywords: flue-cured tobacco; burley tobacco; sun-cured tobacco; storage; ketones; meg; ionone oxide; solanone

Citation: ZHANG Mengyue, SHI Hongzhi, BI Yanjiu, et al. Changes of main ketone aroma components in burley, sun-cured and flue-cured tobaccos during 6 years in storage [J]. Acta Tabacaria Sinica, 2018,24(5)