

# 浓香型烤烟中性致香成分及多酚含量与香气质量的关系研究

姜慧娟<sup>1</sup>, 赵铭钦<sup>1</sup>, 任伟<sup>2</sup>, 张骏<sup>2</sup>, 刘鹏飞<sup>1</sup>, 王唯唯<sup>1</sup>

1 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002;

2 上海烟草(集团)公司, 上海 200082

**摘要:** 以国内浓香型主产烟区的 284 份烤烟 C3F 为材料, 采用偏相关分析、通径分析及逐步回归的分析方法, 研究了浓香型烤烟中性致香成分及多酚含量与香气质量的关系。结果表明中性致香物质和多酚类物质各指标对香气量、香气质的直接影响均不同。(1) 香气质受 6-甲基-5-庚烯-2-酮和绿原酸的直接正面影响最大, 而受茄酮的直接负面影响最大, 同时莨菪亭对其也有负面影响;(2) 香气量受 2-乙酰吡咯和绿原酸的直接正面影响最大, 而受苯乙醇的直接负面影响最大;(3) 苯乙醛、糠醛、新植二烯、二氢猕猴桃内酯、巨豆三烯酮 1、绿原酸、芸香苷对香气质和香气量均有直接正面影响, 而茄酮和藏花醛对香气质和香气量均有直接负面影响。

**关键词:** 浓香型烤烟; 中性致香成分; 多酚; 香气质; 香气量; 通径分析

doi:10.3969/j.issn.1004-5708.2014.05.005

中图分类号: TS411 文献标志码: A 文章编号: 1004-5708 (2014) 05-0025-06

## Relationships between neutral aroma constituents, polyphenol contents and aroma quality of flue-cured tobacco of strong flavor type

JIANG Huijuan<sup>1</sup>, ZHAO Mingqin<sup>1</sup>, REN Wei<sup>2</sup>, ZHANG Jun<sup>2</sup>, LIU Pengfei<sup>1</sup>, WANG Weiwei<sup>1</sup>

1 College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2 Shanghai Tobacco (Group) Corporation, Shanghai 200082, China

**Abstract:** Relationship between neutral aroma constituents, polyphenol content and quality of aroma was investigated by analytical methods of partial correlation analysis, path analysis and stepwise regression with 284 samples of C3F leaf tobacco as testing material. Results showed that (1) The quality of aroma was directly positively influenced by 6-methyl-5-heptene-2-ketone and chlorogenic acid and directly negatively influenced by solanone to the largest extent respectively. Scopoletin also showed negative impact on its quality; (2) The concentration of aroma was directly positively influenced by 2-acetyl pyrrole and chlorogenic acid and directly negatively influenced by phenethyl alcohol to the largest extent respectively. (3) The quality and concentration of aroma were directly positively influenced by hyacinthin, furfural, neophytadiene, dihydroactinidiolide, Megastigmatrienone, chlorogenic acid, rutin, were directly negatively influenced by solanone and safranal.

**Keywords:** flue-cured tobacco of strong flavor type; neutral aroma constituents; polyphenol; quality of aroma; concentration of aroma; path analysis

基金项目: 浓香型特色优质烟叶开发重大专项(110201101001(TS-01))

作者简介: 姜慧娟(1985—), 硕士研究生, 研究方向: 烟草化学与质量评价, Email: jhj8509@163.com

通讯作者: 赵铭钦(1964—), 教授, 博士, 博士研究生导师, 主要从事烟草质量评价、烟草化学与香精香料、烟草生物发酵工程研究, Email: zhaomingqin@126.com

收稿日期: 2013-07-23

烟叶香气是衡量其内在质量优劣的重要指标之一,香气浓淡由烟叶的类型、栽培措施、发酵条件及产地等遗传因素和环境因素共同决定<sup>[1]</sup>,内在质量的优劣,很大程度上取决于烟叶中的香味成分<sup>[2]</sup>,即烟叶的香气质量与叶内中性致香物质、多酚类物质的含量密切相关。中性致香物质、多酚类物质已是烟草研究中的重要领域,席元肖等<sup>[3]</sup>研究表明不同香型间烤烟香气前体物及香味成分含量具有显著差异;周淑平<sup>[4]</sup>、武丽等<sup>[5]</sup>研究表明不同生态区烟叶致香物质、多酚类化合物差异显著;宫长荣等<sup>[6-7]</sup>研究表明调制方法对烤烟中性致香物质、多酚类物质含量具有重要的影响;韦凤杰<sup>[8]</sup>、刘阳<sup>[9]</sup>等研究了成熟度对中性致香物质和多酚类化合物的影响,结果表明,大马酮随成熟时期的推进而增大,二氢猕猴桃内酯随成熟时期的推进呈逐渐降低趋势,多酚中绿原酸比例随采收成熟度的提高而增加,达到过熟时略有降低。有关致香物质和多酚类物质的研究还有一些其它方面报道<sup>[10-12]</sup>。目前,香气质量的评价仍采用感官评吸,存在一定的主观性,难以实现对香气质量客观、准确的评价,而通过对致香物质、多酚类物质含量定性定量分析,可以对烟叶质量进行比较客观、准确的评价<sup>[11,13]</sup>。

浓香型烤烟烟叶是中式卷烟配方中不可缺少的原料<sup>[14]</sup>,长期以来在中式卷烟生产中有着重要且不可替代的地位。但目前有关浓香型烤烟中性致香成分、多酚含量与香气质量定性定量关系的研究鲜见报道。为此,本研究以国内浓香型主产烟区的初烤烟叶为材料,采用逐步回归方法分别建立了浓香型烤烟中性致香物质和多酚类物质含量与香气质量的回归方程模型,同时进行了偏相关分析和通径分析,旨在为建立可行的烟叶香气质量的评价方法提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

选取2011、2012年河南(襄县、内乡、确山等)、山东(诸城、五莲、胶南等)、陕西(富县、洛南、旬邑等)、安徽(宣州、泾县、东至等)、广东(南雄、乳源、始兴等)、湖南(江华、浏阳、宁乡等)、江西(石城、信丰、广昌)、江西(富川)共58个浓香型主产区284份C3F等级烟叶样品,烟叶品种为当地烤烟主栽品种(云烟87、中烟100、秦烟97、中烟105、粤烟97、K326等),单个样品3Kg,每片烟叶沿主脉分两部分,一部分烟叶切丝混匀卷烟,用于评吸测定香气质量,一部分烟叶粉碎过40目筛,用于测定中性致香成分和多酚类物质测定。

### 1.2 中性致香成分的测定和分类

#### 1.2.1 中性致香成分测定

采用同时蒸馏萃取仪,HP:5890 II-5972气质联用仪分析,内标法进行测定,内标为硝基苯。

在100 mL圆底烧瓶中加入20.000 g烟样,2.0 g柠檬酸,0.5 mL内标,加入500 mL蒸馏水,充分摇匀。另一250 mL的圆底烧瓶加入40 mL二氯甲烷。安装同时蒸馏萃取装置(SDE),打开电热套,待同时蒸馏萃取装置中开始出现分层时开始计时,2.5 h后收集有机相即250 mL烧瓶中的溶液,加入约10 g无水硫酸钠干燥有机相,有机相转移至到100 mL鸡心瓶中,水浴此溶液至1 mL左右,备用。

经处理制备得到的分析样品,由GC/MS鉴定结果和NIST库检索定性。GC/MS分析条件:色谱柱:HP-5(60 m×0.25 mm, 0.25 μm);载气:He;流速:0.8 mL/min;进样口温度:250℃;传输线温度:280℃;离子源温度:177℃;升温程序:初温50℃,恒温2 min后,以2℃/min的速度升至120℃,5 min后2℃/min的速度升至240℃,保持30 min;分流比1:15;进样量2 mL;电离能70 eV;质量数范围50~500 amu;MS谱库,NIST06。

#### 1.2.2 分类

按照致香物前体物分类的方法,把中性致香成分分为6大类,分别为芳香族氨基酸降解产物:苯甲醛(X<sub>1</sub>)、苯甲醇(X<sub>2</sub>)、苯乙醛(X<sub>3</sub>)、苯乙醇(X<sub>4</sub>);美拉德反应产物:糠醛(X<sub>5</sub>)、糠醇(X<sub>6</sub>)、2-乙酰基呋喃(X<sub>7</sub>)、6-甲基-5-庚烯-2-酮(X<sub>8</sub>)、6-甲基-5-庚烯-2-醇(X<sub>9</sub>)、3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮(X<sub>10</sub>)、2-乙酰基吡咯(X<sub>11</sub>);类西柏烷降解产物:茄酮(X<sub>12</sub>);新植二烯(X<sub>13</sub>);类胡萝卜素降解产物:芳樟醇(X<sub>14</sub>)、氧化异佛尔酮(X<sub>15</sub>)、β-大马酮(X<sub>16</sub>)、香叶基丙酮(X<sub>17</sub>)、二氢猕猴桃内酯(X<sub>18</sub>)、巨豆三烯酮1(X<sub>19</sub>)、巨豆三烯酮2(X<sub>20</sub>)、巨豆三烯酮3(X<sub>21</sub>)、巨豆三烯酮4(X<sub>22</sub>)、螺岩兰草酮(X<sub>23</sub>)、法尼基丙酮(X<sub>24</sub>)、β-二氢大马酮(X<sub>25</sub>);其它类:愈创木酚(X<sub>26</sub>)、异佛尔酮(X<sub>27</sub>)、2,6-壬二烯醛(X<sub>28</sub>)、藏花醛(X<sub>29</sub>)、β-环柠檬醛(X<sub>30</sub>)、4-乙烯基-2-甲氧基苯酚(X<sub>31</sub>)、面包酮(X<sub>32</sub>)。

### 1.3 多酚类物质的测定

参照YC/T 202-2006<sup>[15]</sup>方法测定绿原酸(Y<sub>1</sub>)、茛菪亭(Y<sub>2</sub>)、芸香苷(Y<sub>3</sub>)的含量。

### 1.4 香气质量的评价

各等级烟叶分别切丝并卷制成单料烟支,经过挑选,平衡水分后,由6家中烟工业公司(上海烟草

集团公司、山东中烟工业公司、河南中烟工业公司、湖南中烟工业公司、浙江中烟工业公司、川渝中烟工业公司等) 评吸专家组成的浓香型特色优质烟叶重大专项评吸委员会进行评吸。统计结果时确定有效标度值, 将同一评价指标的有效标度值相加, 求其有效算术平均值 ( $\sum$ 有效标度值 /  $\sum$ 有效人数)。香气质(5): 较好至好: 4~5、稍好至尚好: 2~3、差至较差: 0~1; 香气量(5): 较充足至充足: 4~5、稍有至尚足: 2~3、少至微有: 0~1。

### 1.5 数据处理

采用 SPSS19.0、DPS7.05 等软件对数据进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 中性致香物质、多酚含量及香气质量的描述统计分析

研究结果(表1)表明, 各成分含量在中性致香物质中所占比例的高低顺序依次为: 新植二烯 > 类胡

萝卜素类降解产物 > 类西柏烷降解产物 > 美拉德反应产物 > 芳香族氨基酸降解 > 其它类物质。芳香族氨基酸降解产物的峰度系数小于 0, 为平阔峰, 数据比较分散, 其它指标的峰度系数均大于 0, 为尖峭峰, 数据大多数集中在平均值附近。

绿原酸、茛菪亭和芸香苷含量分别在 12.67 ~ 26.26 mg·g<sup>-1</sup>、0.01 ~ 0.27 mg·g<sup>-1</sup>、8.73 ~ 23.24 mg·g<sup>-1</sup> 之间波动。总体上看, 各多酚类物质含量变异系数相差不大, 说明多酚类物质在烟叶中分布较稳定。绿原酸和多酚物质总量的峰度系数大于 0, 为尖峭峰, 数据大多数集中在平均值附近, 茛菪亭、芸香苷的峰度系数均小于 0, 为平阔峰, 数据比较分散。

香气质、香气量的分值分别在 2.43 ~ 3.54、2.30 ~ 3.50 之间波动, 变异系数均较小。香气质的峰度系数均小于 0, 为平阔峰, 数据比较分散, 香气量的峰度系数大于 0, 为尖峭峰, 数据大多数集中在平均值附近, 偏度系数均大于 0, 为正态偏向峰。

表 1 中性致香成分、多酚含量及香气质量的描述统计分析

Tab. 1 Descriptive statistics analysis of neutral aroma constituents, polyphenol material content and quality and concentration of aroma quality  $\mu$  g/g

指标	变幅	平均	标准差	变异系数	峰度系数	偏度系数
芳香族氨基酸降解产物	10.64 ~ 20.29	16.21	3	0.19	-0.57	0.38
美拉德反应产物	13.19 ~ 40.71	28.75	3.39	0.25	0.4	-0.72
类西柏烷降解产物	25.06 ~ 90.98	31.74	5.53	0.11	1.32	1.21
类胡萝卜素降解产物	75.63 ~ 118.15	55.08	21.37	0.39	1.04	0.63
新植二烯	412.50 ~ 2287.00	781.65	293.32	0.38	3.35	1.42
其他类	0.72 ~ 6.82	4.51	1.15	0.26	0.59	0.4
绿原酸 / (mg/g)	12.67 ~ 26.26	20.68	3.48	0.17	1.39	1.18
茛菪亭 / (mg/g)	0.01 ~ 0.27	0.13	0.06	0.5	-0.75	0.31
芸香苷 / (mg/g)	8.73 ~ 23.24	11.86	2.29	0.19	-0.26	0.5
香气质	2.43 ~ 3.54	2.95	0.25	0.08	-0.22	-0.24
香气量	2.30 ~ 3.50	2.89	0.24	0.08	0.28	-0.04

### 2.2 中性致香成分、多酚与香气质量的逐步回归数学模型建立

#### 2.2.1 中性致香物质与香气质量的逐步回归数学模型建立

根据各自变量对依变量作用大小, 按照作用由大

至小的顺序引入回归方程, 且每引入一个自变量后, 对在此之前已引入的自变量重新测验, 不显著的立即舍弃, 直到不显著的自变量从回归方程中剔除, 又无显著自变量可以引入回归方程为止。本试验分别以中性致香物质各指标为自变量 ( $X_1 \sim X_{32}$ ), 以感官指

标香气质 ( $Z_1$ ) 香气量 ( $Z_2$ ) 为因变量, 进行逐步回归分析, 得到最优回归方程, 同时进行显著性测验:

$$Z_1 = 0.43563X_2 + 0.41191X_3 + 0.29513X_4 + 0.05621X_5 + 0.85231X_6 + 0.30187X_7 + 1.23245X_8 - 0.07384X_{11} - 1.68351X_{12} + 0.43563X_{13} + 0.52513X_{14} + 0.59389X_{16} + 0.83649X_{17} + 0.70756X_{18} + 0.91479X_{19} - 0.85298X_{23} + 0.41255X_{25} - 0.61256X_{26} - 0.24221X_{29} + 0.00732X_{31}, \quad (R=0.9698^{**})$$

$$Z_2 = 0.77796X_1 + 0.01283X_3 - 0.96168X_4 + 0.03891X_5 - 0.43318X_8 + 0.95710X_{11} - 0.92779X_{12} + 0.21032X_{13} + 0.35214X_{15} - 0.81352X_{16} - 0.50219X_{17} + 0.76357X_{18} + 0.04358X_{19} + 0.03861X_{20} - 0.95761X_{21} + 0.07186X_{22} + 0.31416X_{23} - 0.04172X_{24} - 0.88757X_{25} + 0.57569X_{28} - 0.00554X_{29} + 0.267569X_{30}, \quad (R=0.9596^{**})$$

结果表明, 回归方程显著性测验均达到显著性水平, 且香气质和香气量均与中性致香物质指标存在着极显著的线性关系。因此, 对其进一步作偏相关分析和通径分析。

### 2.2.2 多酚类物质与香气质量的逐步回归数学模型建立

以多酚类物质各指标为自变量 ( $Y_1 \sim Y_3$ ), 以感官指标香气质 ( $Z_1$ ) 香气量 ( $Z_2$ ) 为因变量, 进行逐步回归分析, 得到最优回归方程, 同时进行显著性测验:

$$Z_1 = 1.43563Y_1 - 0.29513Y_2 + 0.71191Y_3, \quad (R=0.9796^{**})$$

$$Z_2 = 0.83563Y_1 + 0.31191Y_3, \quad (R=0.9676^{**})$$

结果表明, 香气质和香气量均与多酚类物质指标存在着极显著的线性关系。

### 2.3 中性致香物质、多酚类物质与香气质量的偏相关分析

为进一步反映中性致香物质、多酚分别与香气质量间的真实关联性, 进行偏相关分析, 结果见表2和表3。

#### 2.3.1 中性致香物质与香气质量的偏相关分析

中性致香物质与香气质量的偏相关分析见表2。

从表2偏相关系数可以看出, 在测定的32种中性致香物质成分中, 影响香气质的成分有20种, 偏相关系数均达到显著或极显著水平, 其中与香气质呈正相关的成分有15种、负相关的有5种, 相关不显著或无关的成分有12种。

影响香气量的成分有22种, 偏相关系数均达到显著或极显著水平, 其中与香气量正相关的成分有13种、负相关的有9种, 不显著或无关的成分有10种。

#### 2.3.2 多酚类物质与香气质量的偏相关分析

多酚类物质与香气质量的偏相关分析结果见表3。

从表3偏相关系数可以看出, 多酚类物质中绿原酸、芸香苷均与香气质呈正相关关系, 且达到了极显著性水平; 萜荭亭与香气质呈负相关关系, 达到显著性水平。

绿原酸、芸香苷均与香气量呈正相关关系, 且达到了极显著性或显著水平; 与萜荭亭无关或相关不显著。

### 2.4 中性致香物质、多酚类物质与香气质量的通径相关分析

#### 2.4.1 中性致香物质与香气质量的通径相关分析

结果见表2。从表2可以看出, 对香气质有正面效应的中性致香成分为苯甲醇等15种。有负面效应的有2-乙酰基吡咯等5种。

对香气量有正面效应的为苯甲醛等13种, 有负面效应的有苯乙醇等9种。以上结果均与偏相关分析相吻合。

#### 2.4.2 多酚类物质与香气质量的通径相关分析

从表3可以看出, 多酚类物质中绿原酸、芸香苷均对香气质、香气量均起正面效应, 而萜荭亭则对香气质起负面效应。此结果与偏相关分析的结果相一致。

表2 浓香型烤烟中性致香成分与香气质量的偏相关系数和直接通径系数

Tab. 2 Partial correlation coefficient and direct path coefficient of neutral aroma constituents and quality and concentration of aroma quality in flue-cured tobacco of strong aroma type

中性致香成分	偏相关系数		直接通径系数	
	香气质	香气量	香气质	香气量
X1	—	0.95346 <sup>**</sup>	—	0.77796
X2	0.98512 <sup>**</sup>	—	0.43563	—
X3	0.88321 <sup>**</sup>	0.91321 <sup>**</sup>	0.41191	0.01283
X4	0.88325 <sup>**</sup>	-0.89569 <sup>**</sup>	0.29513	-0.96168
X5	0.81259 <sup>**</sup>	887869 <sup>*</sup>	0.05621	0.03891
X6	0.85761 <sup>**</sup>	—	0.85231	—

续表 2

X7	0.83536**	—	0.30187	—
X8	0.82008**	-0.87098**	1.23245	-0.43318
X9	—	—	—	—
X10	—	—	—	—
X11	-0.82978**	0.73452*	-0.07384	0.95710
X12	-0.79632**	-0.78531**	-1.68351	-0.92779
X13	0.85794**	0.85364*	0.43563	0.21032
X14	0.83747**	—	0.52513	—
X15	—	0.82876**	—	0.35214
X16	0.88657**	-0.88769*	0.59389	-0.81352
X17	0.85131*	-0.73769*	0.83649	-0.50219
X18	0.83251*	0.85768**	0.70756	0.76357
X19	0.8598**	0.85639*	0.91479	0.04358
X20	—	0.84365**	—	0.03861
X21	—	-0.76969*	—	-0.95761
X22	—	0.87085**	—	0.07186
X23	-0.82365*	0.87951**	-0.85298	0.31416
X24	—	-0.79134*	—	-0.04172
X25	0.75638*	-0.88785*	0.41255	-0.88757
X26	-0.89251*	—	-0.61256	—
X27	—	—	—	—
X28	—	0.88532*	—	0.57569
X29	-0.71657**	-0.84564**	-0.24221	-0.00554
X30	—	0.72462*	—	0.267569
X31	0.75608*	—	0.00732	—
X32	—	—	—	—

注：\* 表示相关性有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), \*\* 表示有高度统计学意义 ( $P < 0.01$ )。

表 3 浓香型烤烟多酚类物质与香气质量的偏相关系数和直接途径系数

Tab. 3 Partial correlation coefficient and direct path coefficient of polyphenol material and quality and concentration of aroma in flue-cured tobacco of strong aroma type

多酚类物质	偏相关系数		直接途径系数	
	香气质	香气量	香气质	香气量
Y1	0.89325**	0.85346**	1.43563	0.83563
Y2	-0.75512*	—	-0.29513	—
Y3	0.87361**	0.71321*	0.71191	0.31191

注：\* 表示相关性有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), \*\* 表示有高度统计学意义 ( $P < 0.01$ )。

### 3 结论与讨论

(1) 通过对中性致香物质与烟叶香气质量关系研究表明, 6-甲基-5-庚烯-2-酮对香气质的正面影响最大, 其次为糠醇和巨豆三烯酮 1, 偏相关系数均

达到极显著水平, 这与于建军等<sup>[16]</sup>的研究结论是一致的。负面影响较大的依次为茄酮、螺岩兰草酮和愈创木酚, 偏相关系数达到了极显著或显著水平, 这与于建军等<sup>[16-17]</sup>研究结果并不完全一致, 造成这种结果间差异的原因可能是由于栽培品种、栽培措施、烟

叶成熟度、烘烤条件及样品分析方法等多种因素的影响引起的。中性致香物质中对香气量正面影响较大的依次为2-乙酰基吡咯、苯甲醛、二氢猕猴桃内酯, 负面影响较大的依次为苯乙醇、巨豆三烯酮3、茄酮, 二者的正负面影响的偏相关系数均达到了极显著或显著水平。

(2) 已有研究表明, 占多酚总量80%左右的绿原酸和芸香苷与香气质的变化有较好的正相关性<sup>[18]</sup>。本研究也表明, 绿原酸、芸香苷均对香气质起正面影响, 且偏相关系数均达到极显著水平; 茛菪亭起负面影响。多酚类物质中的绿原酸、芸香苷对香气量起正面影响, 且绿原酸对其影响较大, 偏相关系数达到了极显著或显著水平。

(3) 综合分析表明, 中性致香物质和多酚类物质对香气质、香气量的影响各不相同。其中对香气质、香气量正面影响较大的有类胡萝卜素降解产物、新植二烯、芳香族氨基酸降解产物, 如二氢猕猴桃内酯、巨豆三烯酮1、苯乙醛等, 这与李俊丽等<sup>[19]</sup>研究结论一致。对香气质、香气量负面影响较大的成分有类西柏烷降解产物中的茄酮和其它类的藏花醛。已有研究表明, 通过调整烟叶调制的温湿度环境条件, 提高对评吸结果有益的香气成分, 尽量降低对评吸结果不利的香气成分, 则有利于提高烤烟的香气质量<sup>[17]</sup>。因此, 在烤烟烘烤调制过程中应采取措施增加类胡萝卜素降解产物、新植二烯及芳香族氨基酸降解产物的含量, 则有利于烟叶香气质量的提高和烤香目标的实现。

## 参考文献

- [1] 王瑞新. 烟草化学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 162.
- [2] 周坤, 周清明, 胡晓三, 等. 烤烟香气物质研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2008, 29(2): 56-61.
- [3] 席元肖, 宋纪真, 李锋. 等. 不同香型烤烟香气前体物及香味成分含量的差异分析 [J]. 浙江农业科学, 2011(2): 355-361.
- [4] 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]. 中国烟草报, 2004, 10(1): 9-16.
- [5] 武丽, 徐晓燕, 朱小茜, 等. 我国不同生态烟区烤烟的部分化学成分和多酚类物质含量的比较 [J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 153-156.
- [6] 宫长荣, 汪耀富, 赵铭钦, 等. 烟叶烘烤中变黄和定色条件对香气特征的影响 [J]. 华北农学报, 1996, 11(3): 106-111.
- [7] 宫长荣, 王爱华, 王松峰. 等. 烟叶烘烤过程中多酚类物质的变化及与化学成分的相关分析 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(11): 2316-2322.
- [8] 韦凤杰, 刘国顺, 杨永锋, 等. 烤烟成熟过程中类胡萝卜素变化与其降解香气物质关系 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(9): 1882-1889.
- [9] 刘阳, 高丽君, 蔡宪杰. 等. 采收成熟度对烤烟多酚含量和组成的影响 [J]. 烟草科技, 2011(8): 73-78.
- [10] 何承钢, 曾旭波. 烤烟香气物质的影响因素及其代谢研究进展 [J]. 中国烟草科学, 2005, (2): 40-43.
- [11] 汪耀富, 高华军, 刘国顺. 等. 不同基因型烤烟叶片致香物质含量的对比分析 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(5): 117-120.
- [12] 宗浩, 杨程, 陈刚. 等. 不同烤烟品种香型风格与多酚类物质含量差异分析 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(30): 241-245.
- [13] HAYATO H R. The quality estimation of different tobacco types examined by headspace vapor[D]. England: Papers presented at the Joint Meeting of Smoke and Technology Groups Of CORESTA, 1998.
- [14] 袁庆钊, 邵千辉, 黄春晖. 浓香型烟叶的现状和发展趋势 [J]. 科技信息, 2011, (19): 480.
- [15] YC/T 202-2006, 烟草及烟草制品多酚类化合物绿原酸、茛菪亭和芸香苷的测定 [S].
- [16] 于建军, 庞天河, 任晓红, 等. 烤烟中性致香物质与评吸结果关系研究 [J]. 河南农业大学学报, 2006, 40(4): 346-349.
- [17] 于建军, 庞天河, 焦桂珍, 等. 攀西烤烟评吸结果与中性致香成分的关系 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(11): 77-82.
- [18] 过伟民, 蔡宪杰, 魏春阳, 等. 豫中浓香型烤烟感官质量与部分质量指标的关系 [J]. 烟草科技, 2010(6): 22-27.
- [19] 李俊丽, 叶协锋, 赵莉, 等. 豫中浓香型烤烟香气质量与中性致香成分关系分析 [J]. 山西农业科学, 2012, 40(12): 1268-1272.