

# 不同烘烤工艺对初烤烟叶挥发性香气物质的影响

李微杰<sup>1</sup>, 崔国民<sup>2</sup>, 卢红<sup>1</sup>, 罗以贵<sup>1\*</sup>, 汪伯军<sup>3</sup>, 许安定<sup>3</sup>, 陈益银<sup>3</sup>, 杨超<sup>3</sup>

(1. 云南农业大学烟草学院, 云南昆明 650201; 2. 云南烟草农业科学研究院, 云南玉溪 653100; 3. 重庆市烟草公司, 重庆 400023)

**摘要** [目的]探索改善烤烟品种 K326 上部叶香气质量的最佳烘烤工艺, 实现 K326 上部叶在烘烤过程中的提质增香。[方法]在重庆烟区, 采用气流下降式密集烤房, 研究不同烘烤工艺对 K326 上部叶挥发性香气物质含量的影响。[结果]试验表明, 在研究的 47 种烟草挥发性香气物质中, 除了少数几种物质外, 中温中湿处理的烟叶挥发性物质含量最高。其中, 总量最高的是外动力排湿中温中湿的处理, 为 352.03  $\mu\text{g/g}$ ; 最低的为低温低湿的处理, 为 310.61  $\mu\text{g/g}$ 。[结论]中温中湿烘烤工艺有利于 K326 品种上部叶挥发性香气物质的提高, 同时有利于改善其烟香气质量。

**关键词** 挥发性香气物质; 烘烤工艺; 上部烟叶; 重庆

**中图分类号** S572 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)02-00583-04

## Effect of Different Baking Process on the Volatile Aroma Substances of the Flue-cured Tobacco Leaves

LI Wei-jie et al (College of Tobacco, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201)

**Abstract** [Objective] To explore the best curing process for improvement of the K326's upper leaf aroma quality and realize the improvement of its quality and flavor during curing period. [Method] The effects of different baking processes on the content of volatile aroma substances in upper leaves of K326 were studied using the airflow decrease bulk curing barn at Chongqing tobacco growing areas. [Result] The results showed that: in the study of 47 kinds of tobacco volatile aroma precursors, in addition to a few substances, the content of volatile precursor substances in moderate temperature and humidity processing, the highest amount of moderate temperature and humidity processing that moisture by outside power, is 352.03  $\mu\text{g/g}$ , the minimum low temperature and low humidity treatment, is 310.61  $\mu\text{g/g}$ . [Conclusion] Therefore, the moderate temperature and humidity processing will improve the content of aroma precursors in K326's upper leaf, also help to improve the quality of its smoke aroma.

**Key words** Volatile aroma substances; Curing process; Upper leaves; Chongqing

“两烟”在我国国民经济中占有重要的地位, 卷烟的生产依赖于烤烟的生产, 而对于烤烟而言, 香气质、量、型是衡量其可用性和质量的重要指标, 因此, 改善烟叶香气质量是提升烟叶品质、提高工业可利用性的一条重要途径。改善烟叶香气质量的途径有栽培措施、调制、遗传因素等, 其中烟叶烘烤工艺对烟叶香气质量的影响较为直接。国内外学者已经对烤烟香气物质的影响因素及其代谢进行了大量研究<sup>[1-3]</sup>, 刘岭等研究发现, 烟叶烘烤的变黄期温度过低或过高都影响烟叶淀粉、蛋白质水解, 因而形成的香气前体物质较少<sup>[4]</sup>。大量的研究表明, 在烘烤过程中, 将温湿度变化、风速等条件与烟叶中的生理生化变化密切配合才能使烟叶形成较为协调的化学成分含量及配比, 从而使烟叶香气质量得到有效改善<sup>[5-6]</sup>。K326 为重庆烟区的主栽品种, 其香气量比较足, 因而备受卷烟企业的欢迎, 然而, K326 的上部烟叶烤后原烟杂色比较严重, 枯焦气等杂气重, 香气质差成为该品种在高海拔地区种植推广的主要障碍因素。因此, 笔者以“提质增香”为中心, 探索改善烟叶香气质量的最佳烘烤工艺, 对 K326 品质的提升及该品种的推广具有重大意义。

## 1 材料与方

**1.1 材料** 供试烤烟品种为 K326。土壤质地为砂壤土, 前

茬作物为小麦。烟田栽培措施按照重庆优质烟叶生产技术方案进行。试验用烤房为符合国家密集烤房技术规范的气流下降式密集型烤房, 装烟室大小为 8.0 m × 2.7 m × 3.5 m (装烟 3 台)。

**1.2 方法** 试验于 2011 年 7~10 月在重庆市彭水县梅子垭乡村民试验烟地内进行。试验烟株分 3 个部位定位叶取样, 下部第 5 叶, 中部第 11 叶, 上部 17 叶。所选鲜烟叶为同一部位、同一成熟度, 编杆均匀。

试验根据烟叶烘烤变黄期、凋萎期、干叶期和干筋期的温湿度, 设 4 种烘烤工艺参数组合模式: 分别为处理 1, 即内动力排湿烘烤工艺, 见表 1; 处理 2, 即外动力排湿烘烤工艺, 见表 2; 处理 3, 即三段式烘烤工艺, 见表 3; 处理 4, 即三段六步式烘烤工艺, 见表 4。

**1.3 取样方法** 每种处理, 试验过程取样准备 250 片成熟度一致、素质相同的烟叶, 统一编杆, 并装在烤房底台, 烤房门口往里 50 cm 附近。烘烤结束后, 每个处理取 B2F 等级的初烤烟叶 1.5 kg 作为检测样品。

**1.4 指标测定方法** 试验所用各项指标均委托云南省烟草农业科学研究院分析测试中心检验。采用 PEclarus680 气质联用仪, 同时用蒸馏萃取 GC/MS 内标半定量法。

**1.5 数据处理** 采用 Excel 进行数据分析处理。

## 2 结果与分析

**2.1 各处理上部烟叶初烤烟叶中类胡萝卜素降解产物含量** 从表 5 可以看出, 处理 2 的 6-甲基-2-庚酮、 $\beta$ -环柠檬醛、巨豆三烯酮、芳樟醇、氧化异佛尔酮含量高于其他处理; 处理 1 的二氢猕猴桃内酯、 $\beta$ -大马酮含量最高; 处理 3 的香叶基丙酮、金合欢基丙酮 A 含量最高; 处理 4 的  $\beta$ -二氢大马酮、5,6-

**基金项目** 中国烟草总公司科技面上项目“针对 K326 品种提质增香烘烤工艺技术与示范推广”([2012]122 号); 中国烟草总公司重庆市公司科技项目“重庆市烤烟提质增香烘烤工艺技术应用研究”(NY20110601070010); 中国烟叶公司技改项目“烤烟烘烤节能减排技术研究”。

**作者简介** 李微杰(1987-), 男, 湖南邵东人, 硕士研究生, 研究方向: 烟草生理生化。\* 通讯作者, 副教授, 硕士生导师, 从事烟草工程研究。

**收稿日期** 2013-12-11

环氧- $\beta$ -紫罗兰酮含量最高。类胡萝卜素降解产物总量最高的是处理2,其次是处理4,最低的是处理3。

表1 内动力排湿烘烤工艺

干球温度// $^{\circ}\text{C}$	湿球温度// $^{\circ}\text{C}$	干湿差// $^{\circ}\text{C}$	烘烤时间//h	烟叶变化目标
35.0~37.0	35.0~36.0	0.0~1.0	24~36	高温层烟叶,变黄程度30%以上
39.0~40.0	36.0~37.0	1.0~2.0	18~24	高温层烟叶达到青筋黄片
42.0~44.0	37.0~38.0	5.0~6.0	8~12	高温层烟叶钩尖卷边,轻度凋萎;中下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;中下层烟叶钩尖卷边,充分凋萎
51.0~53.0	39.0~40.0	13.0~14.0	24~36	高温层烟叶叶片干燥,中下层烟叶叶干1/3~1/2,全炉烟叶主脉翻白
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:起火升温速度 $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 至 $34.0\sim 36.0^{\circ}\text{C}$ ,以后各阶段之间的升温速度 $1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ;高温层烟叶,气流下降式烤房指烤房顶层,气流上升式烤房指烤房底层。

表2 外动力排湿烘烤工艺

干球温度// $^{\circ}\text{C}$	湿球温度// $^{\circ}\text{C}$	干湿差// $^{\circ}\text{C}$	烘烤时间//h	烟叶变化目标
35.0~37.0	35.0~36.0	0.0~1.0	24~36	高温层烟叶,变黄程度30%以上
39.0~40.0	36.0~37.0	1.0~2.0	18~24	高温层烟叶达到青筋黄片
42.0~44.0	35.0~36.0	7.0~9.0	8~12	高温层烟叶钩尖卷边,轻度凋萎;中下层烟叶达到青筋黄片
47.0~48.0	36.0~37.0	11.0~12.0	24~36	高温层烟叶叶干1/2~2/3;中下层烟叶钩尖卷边,充分凋萎
51.0~53.0	37.0~38.0	14.0~15.0	24~36	高温层烟叶叶片干燥,中下层烟叶叶干1/3~1/2,全炉烟叶主脉翻白
62.0~63.0	37.0~38.0	25.0~26.0	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	40.0~41.0	27.0~28.0	24~36	全炉烟叶干燥

注:起火升温速度 $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 至 $34.0\sim 36.0^{\circ}\text{C}$ ,以后各阶段之间的升温速度 $1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ;高温层烟叶,气流下降式烤房指烤房顶层,气流上升式烤房指烤房底层。

表3 三段式烘烤工艺

干球温度// $^{\circ}\text{C}$	湿球温度// $^{\circ}\text{C}$	烟叶变化要求
38~39	36~37	高温层烟叶基本变黄或全黄
55~56	38~39	全炉烟叶叶肉基本干燥
67~68	41~42	全炉烟筋干燥

注:起火至要求温度的升温速度 $1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ,各个阶段之间的升温速度 $1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ;高温层,气流上升烤房指烤房底台,气流下降式烤房指烤房顶台。

## 2.2 各处理上部烟叶初烤烟叶中棕色化反应物含量 从表

6可以看出,处理1的糠醇、2-乙酰基吡咯、2-环戊烯-1,4-二酮含量高于其他处理,处理4的糠醛、2,3-二氢苯并呋喃含量高于其他处理,而2-乙酰吡啶、2-环戊烯-1,4-二酮、2,3-戊二酮、2-乙酰基吡咯含量低于其他处理;处理1、2、4的2,3-二氢苯并呋喃、1-戊烯-3-酮、2,3-戊二酮含量差异小。2-环戊烯-1,4-二酮、2-乙酰吡啶含量处理1、2、3差异很小但都高于处理4。处理3的2,6-壬二烯醛、6-甲基-5-庚烯-2-酮、1-戊烯-3-酮、2,3-戊二酮含量最高。棕色化反应物总量最多的是处理1,处理3其次,最少的是处理4。

表4 三段六步式烘烤工艺

干球温度// $^{\circ}\text{C}$	湿球温度// $^{\circ}\text{C}$	干湿差// $^{\circ}\text{C}$	烘烤时间//h	烟叶变化目标
35.0~36.0	34.0左右	1.0~2.0	8~12	高温层烟叶,变黄程度30%以上
38.0	35.0~36.0	2.0~3.0	12~24	高温层烟叶,变黄程度7~8成黄
41.0~43.0	36.0~37.0	5.0~6.0	8~20	高温层烟叶达到青筋黄片,主脉发软,勾尖
45.0~47.0	37.0~38.0	8.0~9.0	12~24	全炕黄片黄筋,小卷边
52.0~54.0	38.0~39.0	14.0~15.0	12~20	全炕烟叶叶片干燥,主脉1/2干燥
65.0~68.0	40.0~41.0	27.0~28.0	24~36	全炉烟叶干燥

注:起火升温速度 $2^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 至 $35.0\sim 36.0^{\circ}\text{C}$ ,以后各阶段之间的升温速度 $1^{\circ}\text{C}/1\sim 2\text{h}$ ;高温层烟叶,气流下降式烤房指烤房顶层,气流上升式烤房指烤房底层。

表5 类胡萝卜素降解产物

处理	6-甲基-2-庚酮	$\beta$ -环柠 檬醛	巨豆三 烯酮	二氢猕猴桃 桃内酯	香叶基 丙酮	$\beta$ -大马酮	$\beta$ -二氢 大马酮	金合欢基 丙酮 A	芳樟醇	氧化异 佛尔酮	5,6-环氧- $\beta$ -紫罗兰酮	总计
1	0.07	0.21	10.83	0.98	1.43	2.86	0.28	4.42	0.20	0.08	0.25	21.61
2	0.09	0.35	12.25	0.83	1.39	2.84	0.31	4.12	0.24	0.10	0.28	22.81
3	0.07	0.25	9.2	0.93	1.46	2.62	0.27	4.65	0.19	0.08	0.27	19.99
4	0.06	0.26	12.47	0.94	1.41	2.72	0.37	3.50	0.24	0.09	0.30	22.35

$\mu\text{g}/\text{g}$

表 6 棕色化反应产物

处理												μg/g
	糠醛	糠醇	5-甲基 糠醇	2,6-壬 二烯醛	2-乙酰 基吡咯	2,3-二氢 苯并呋喃	6-甲基-5- 庚烯-2-酮	2-乙酰 吡啶	1-戊烯- 3-酮	2,3-戊 二酮	2-环戊烯-1, 4-二酮	总计
1	2.17	0.56	0.06	0.09	0.64	0.32	0.16	0.07	0.19	0.22	0.31	4.80
2	2.17	0.49	0.07	0.04	0.49	0.33	0.16	0.07	0.17	0.21	0.30	4.50
3	2.15	0.49	0.07	0.11	0.47	0.29	0.18	0.07	0.24	0.28	0.31	4.65
4	2.18	0.42	0.06	0.07	0.40	0.34	0.16	0.05	0.19	0.20	0.25	4.30

**2.3 各处理上部烟叶初烤烟叶中芳香族氨基酸类降解产物含量** 如表 7 所示,芳香族氨基酸类降解产物总量最多的是处理 2,最少的是处理 1。其中,处理 2 的苯甲醇、苯乙醇含量最高;处理 1 的苯乙醛含量最高;处理 3 的苯甲醛含量最高,吡啶含量最低。

表 7 芳香族氨基酸类降解产物

处理						μg/g
	苯甲醇	苯乙醛	苯乙醇	苯甲醛	吡啶	总计
1	4.56	0.88	2.22	0.15	0.40	8.21
2	8.58	0.50	3.95	0.19	0.40	13.63
3	5.88	0.62	1.92	0.20	0.38	9.01
4	6.71	0.70	3.10	0.14	0.40	11.05

**2.4 各处理上部烟叶初烤烟叶中西柏烷类降解产物含量** 从表 8 可以看出,西柏烷类降解产物总量最高的是处理 2,其次是处理 1,最低的是处理 3。其中,处理 2 的丁内酯、西柏三烯二醇、降茄二酮、茄酮含量最高;处理 4 的寸拜醇含量

较高。综合而言,处理 3 的西柏烷类降解产物相对其他处理含量较低。

表 8 西柏烷类降解产物

处理							μg/g
	丁内酯	西柏三烯 二醇	降茄 二酮	寸拜醇	茄酮	茄那 士酮	总计
1	0.14	28.53	8.05	7.37	18.73	0.40	63.23
2	0.20	29.45	9.25	7.55	21.23	0.28	67.97
3	0.18	21.45	7.78	4.89	18.69	0.49	53.47
4	0.14	26.61	6.60	9.44	17.89	0.30	60.98

**2.5 各处理上部烟叶初烤烟叶中其他挥发性香气前体物含量** 如表 9 所示,处理 1 的正戊醛、新植二烯含量最高;处理 2 的 3-甲基-2-丁烯醛、2-异丙基-5-氧-己醛含量最高;处理 3 的正己醛、面包酮、3-羟基-2-丁酮、3-甲基-1-丁醇含量最高。总体上看,其他挥发性香气前体物质含量最高的是处理 1,其次是处理 2,最低的是处理 4。

表 9 其他挥发性香气前体物质

处理										μg/g
	正戊醛	3-甲基-2- 丁烯醛	正己醛	面包酮	3-羟基-2- 丁酮	3-甲基-1- 丁醇	2-异丙基- 5-氧-己醛	新植二烯	总计	
1	0.29	0.13	0.10	0.10	0.19	0.20	0.11	243.82	244.95	
2	0.16	0.16	0.11	0.09	0.21	0.25	0.14	242.03	242.13	
3	0.28	0.14	0.12	0.12	0.23	0.31	0.11	222.17	223.49	
4	0.22	0.13	0.09	0.06	0.13	0.26	0.10	213.56	214.56	

### 3 结论与讨论

在烟草中,类胡萝卜素是最重要的萜烯类化合物之一,类胡萝卜素降解产物是烟草中关键的致香成分,对类胡萝卜素类色素的降解及相关因素的研究一直是热点<sup>[7-12]</sup>。具有蜜甜而持久的花香,能增进烟叶香气、醇和吸味、增加烟气丰满度作用的香叶基丙酮及金合欢基丙酮 A 在低温低湿的烘烤工艺中含量高于中温中湿及中温高湿烘烤工艺。中温中湿处理的 6-甲基-2-庚酮、β-环柠檬醛、巨豆三烯酮、芳樟醇、氧化异佛尔酮、二氢猕猴桃内酯、β-大马酮最高,其中芳樟醇可以增进烟气中的木香,与烟气自然风格相协调,增进烟香的透发性,而巨豆三烯酮、6-甲基-2-庚酮等可以协调烟气中的杂气,增进香气,丰富香气类型。中温高湿的处理下 β-二氢大马酮、5,6-环氧-β-紫罗兰酮含量最高,此 2 种物质类似于 β-大马酮,可以增加烟气丰富性。总体而言,中温中湿的处理有利于类胡萝卜素降解产物总量的提高。

棕色化反应产物中含有不少优质烟草的致香成分,因而棕色化反应程度较高的烟草,其烟气质量也较好<sup>[13]</sup>,含有大量的糖和氨基酸的青烟叶在经调制后,形成多种对烟气香吃味有良好贡献的 Maillard 反应化合物,包括吡嗪类、吡咯类、呋喃类、吡喃类等。醇化后烟草的坚果香、甜香、爆米花香等

优质香气与这些化合物有很大关系。中温中(高)湿的糠醛、2,3-二氢苯并呋喃含量高于低温处理,表明中温有利于糠醛、2,3-二氢苯并呋喃的转化,而其中糠醛、2,3-二氢苯并呋喃含量中温高湿的处理最高,说明在中温的条件下,湿度适当增加有利于糠醛、2,3-二氢苯并呋喃含量的增加;1-戊烯-3-酮、2,3-戊二酮含量低温低湿的处理最高,则说明低温低湿的条件有利于该物质的形成。

在烤烟中苯丙氨酸的代谢产物如苯甲醇、苯乙醇是烟草中含量较丰富的香味成分之一。苯乙醇可以增加烟气浓度和丰满度,苯乙酮可以增加烟气花香和豆香韵,调和烟香,苯甲醛具有飘逸的坚果香,增加烟气的香气。该研究中,中温中湿的处理下苯甲醇、苯乙醇、苯乙醛含量最高,说明中温中湿有利于此 3 种物质的转化形成;而能增加烟气丰富度及甜润感的吡啶则是低温低湿的处理含量最低,说明适当增加烘烤时的温度及湿度能增加其含量。

烟草的表皮蜡质经过调制形成西柏烷类降解产物,而其降解产物茄尼酮及其转化产物茄酮、茄那士酮、降茄二酮等也是重要的烟草香气物质,增加烟气的醇和度、丰满度、细腻度,增加口感的润度,掩盖杂气,改善余味,对于提高改善烟气香气质量有着重要的作用<sup>[14]</sup>。中温中湿处理的西柏烷类

降解产物总量最高,最低的是低温低湿的处理,其中中温中湿处理的丁内酯、西柏三烯二醇、降茄二酮、茄酮含量最高,说明中温中湿有利于提高此4种物质的形成;而低温低湿处理的寸拜醇含量最低,含量最高的是中温高湿的处理,说明在中湿的条件下适当增加湿度有利于该物质的转化形成。

新植二烯具有淡木香,与烟香协调,能提调烟香的自然风味,对清甜香韵的形成意义重大。面包酮具有烤面包的味道,能增加烟气丰满度,提高烟气的丰富性。3-羟基-2-丁酮、2-异丙基-5-氧-己醛等对烟气香气质量的改善有着重要的作用。该试验中,中温中湿的处理下正戊醛、新植二烯、3-甲基-2-丁烯醛、2-异丙基-5-氧-己醛含量高于其他处理,说明中温中湿为此4种物质转化形成的最佳条件;低温低湿的处理下的正己醛、面包酮、3-羟基-2-丁酮、3-甲基-1-丁醇含量最高,说明低温低湿的烘烤环境有利于此4种物质的形成。

研究中同为中温中湿的处理1和处理2,其苯甲醇含量、苯乙醛、苯乙醇、苯甲醛及芳香族氨基酸类降解产物总量差值较大,差异为排湿动力的差异,造成差异的机理还有待进一步研究。

所有香气前体物质总量最高的是处理2即外动力排湿中温中湿的处理,为352.03  $\mu\text{g/g}$ ;其次为内动力排湿中温中湿的处理,为347.79  $\mu\text{g/g}$ ;最低的为低温低湿的处理,为310.61  $\mu\text{g/g}$ 。说明中温中湿有利于提高重庆烟区K326上部叶的香气前体物质的转化形成,有利于提高和改善上部叶香气质量。中温中湿的烘烤工艺处理降低了烟叶烘烤前期的失水率,促进了烟叶保湿变黄,促进了烟叶香气前体物质的形成和积累,定色期是烟叶香气物质形成的关键时期,其分别以改变烟叶细胞结构、扩大干湿差等方式来促进烟叶失水定色;与此同时,在保证定色顺利完成的前提下保持适当

的湿度促进香气物质在此阶段的大量形成,在干筋期设定62~63  $^{\circ}\text{C}$ ,稳定一段时间,再升温至68  $^{\circ}\text{C}$ ,从而降低干筋期的平均干筋温度,减少香气物质的挥发,使得最后的香气物质大量积累,改善烟气的香气质量。

#### 参考文献

- [1] SCHULTZ T H, FLATH R A, EGGLEING S B, et al. Isolation of volatile components from a model system [J]. *J. Agric Food Chem*, 1977, 25: 446-449.
- [2] CHAI Y J, KIM H, CADWALLAZER K R. Aroma-active compounds in kimchi during fermentation [J]. *J. Agric Food Chem*, 1998, 46: 1944-1953.
- [3] FUJIMORI T, KASUGA R, MATSUASHITA H, et al. Neutral aroma constituents in burley tobacco [J]. *Agr Biol Chem*, 1976, 40(2): 303-315.
- [4] 刘领, 王能如, 黄义德, 等. 烘烤技术对烤后烟叶香味品质影响的研究 [J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(11): 2428-2430.
- [5] 孙福山. 烤烟变黄期温湿度、变黄程度与烟叶品质关系研究 [J]. *烟草科技*, 1990(4): 39-41.
- [6] 官长荣. 烤烟三段式烘烤及配套技术 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1996.
- [7] 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, 22(3): 685-689.
- [8] WHITEFIELD D M, ROWAN K S. Changes in the chlorophylls and Carotenoids of leaves of tobacco during senescence [J]. *Phytochemistry*, 1974, 13(4): 77-83.
- [9] GOPALAM A, GOPALACHARI N C. Biochemical changes in leaf pigments and chemical constituents during flue-curing of tobacco [J]. *Nicotine Tobacco Research*, 1979, 5: 117-124.
- [10] COURT W A, HENDEL J G. Changes in leaf pigments during senescence and curing of flue-cured tobacco [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1984, 64: 229-232.
- [11] 刘国顺, 韦风杰, 杨永峰, 等. “金攀西”烤烟成熟过程中类胡萝卜素类色素及其与色素降解香气物质关系 [J]. *中国农业科学*, 2005, 32(5): 766-771.
- [12] 宋朝珊, 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.
- [13] 许萍, 宁敏. 非酶棕色化反应在烟草增香中的应用研究 [J]. *合肥工业大学学报: 自然科学版*, 1997, 20(4): 140-145.
- [14] 夏平宇. 烟用香精香料前体的合成与应用 [D]. 长沙: 湖南师范大学, 2003.
- [15] 赵光远, 高志松. 苹果-刺梨混浊汁生产工艺的研究 [J]. *食品与机械*, 2009, 25(6): 145-148.
- [16] 周俊良, 俞露. 刺梨醋发酵生产工艺研究 [J]. *中国调味品*, 2009, 34(12): 81-82.
- [17] 王续强. 刺梨果酒发酵技术研究 [J]. *中国新技术新产品*, 2010(8): 126.
- [18] 侯璐. 高维生素C含量刺梨口服液的研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2009: 1-44.
- [19] 谢国芳, 谭书明. 刺梨糕的研制 [J]. *食品工业*, 2011(7): 4-6.
- [20] 彤霖, 朱巍, 谢超, 等. 刺梨提取物在卷烟中的应用及其致香成分的双柱分析 [J]. *氨基酸和生物资源*, 2011, 33(3): 10-15.
- [21] 杨胜敖. 刺梨蛋糕加工工艺研究 [J]. *粮食与饲料工业*, 2008(9): 21-23.
- [22] 周欢欢, 刘同祥, 耿少华, 等. 鱼腥草的研究进展 [J]. *医学信息*, 2011(8): 4125.
- [23] 赵国文, 张丽萍, 龚靖, 等. 鱼腥草中黄酮类化合物提取分离方法的研究进展 [J]. *广东农业科学*, 2011(6): 158-159, 167.
- [24] 罗馨, 赵卫星, 温普红. 正交超声法提取鱼腥草多糖工艺研究 [J]. *化学工程师*, 2012(9): 9-12.
- [25] 程文健. 鱼腥草茶饮料加工技术研究 [D]. 福州: 福建农业大学, 2003: 2-40.
- [26] 吴敏, 罗爱平, 赵贵丽, 等. 鱼腥草、苦丁茶、杭白菊复合保健饮料工艺研究 [J]. *山地农业生物学报*, 2012, 31(3): 243-246.
- [27] 徐小蓉, 杨占南, 罗世琼, 等. 鱼腥草浸泡酒的工艺研究 [J]. *酿酒科技*, 2012(9): 96-99.

(上接第582页)

- [20] 蒋红英, 王顺余. 金银花、山楂、乌梅、复合汁饮料的研制 [J]. *长春大学学报*, 2011, 21(4): 77-80.
- [21] 王亚红, 王莉. 大麦芽金银花复合保健饮料的研究 [J]. *河南农业*, 2011(6): 51.
- [22] 伍玉茜, 万娅琼. 金银花枸杞固体饮料加工工艺研究 [J]. *安徽农学通报*, 2012, 18(7): 179-180.
- [23] 耿敬章, 芦智远. 金银花绿茶复合饮料的工艺优化 [J]. *食品工业*, 2010(4): 69-71.
- [24] 金黎明, 刘垠孜, 赵晓蕾, 等. 薏苡仁有效成分研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(10): 5734, 5750.
- [25] 惠秋少. 薏苡仁的有效成分提取与含量测定方法 [J]. *中外健康文摘*, 2011, 8(28): 95-96.
- [26] 刘洪涛, 徐蔚. 薏苡仁大麦复合茶饮料的研制 [J]. *食品与机械*, 2004, 20(2): 21-23.
- [27] 魏宵凌, 夏明, 赵沛英. 薏苡仁枸杞饮料加工工艺对稳定性的影响研究 [J]. *农产品加工·学刊*, 2012(9): 67-70.
- [28] 魏建春, 魏书信. 薏苡仁红枣保健饮料的研制 [J]. *食品科技*, 2002(4): 58-59.
- [29] 吴剑, 文红丽, 王红萍. 双酶解薏苡仁多糖口服液的制备工艺研究 [J]. *食品科技*, 2012, 37(11): 107-111.
- [30] 吕嘉桥, 马亚宇. 薏苡仁酸奶的研制 [J]. *中国酿造*, 2006(7): 76-77.
- [31] 王慧, 黄聪, 杜薇. 均匀设计法优化刺梨多糖的提取工艺 [J]. *中国药业*, 2012, 21(13): 41-43.
- [32] 宁进辉, 韦勇, 罗团烈, 等. 刺梨浓缩汁加工工艺条件研究 [J]. *中国食品工业*, 2011(12): 56-58.