

乙酰乙酰化纤维素材料的合成及在降低卷烟主流烟气中醛类化合物的应用

Synthesis of acetylated acetylated cellulose materials and application in reducing aldehydes in cigarette mainstream smoke

齐海英 李国政 周浩 邱建华 李春光 宋伟民

QI Hai-ying LI Guo-zheng ZHOU Hao QIU Jian-hua LI Chun-guang SONG Wei-min

(河南中烟工业有限责任公司技术中心, 河南 郑州 450000)

(Technology Center of China Tobacco Henan Industrial Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450000, China)

摘要:为选择性降低卷烟主流烟气中醛类化合物的释放量,以微晶纤维素作为底物合成了乙酰乙酰化纤维素材料,根据材料的降醛效果优化合成条件,并将材料添加于卷烟滤嘴中考察降低醛类化合物的性能。结果表明:①乙酰乙酰化纤维素的最佳合成条件为:纤维素离子溶液质量百分比浓度为5%,衍生试剂摩尔比为双乙烯酮:纤维素=2:1,反应时间3 h,反应温度110℃,催化剂为DMAP;②将乙酰乙酰化纤维素材料以30 mg/cig添加量制备成二元复合滤棒应用于卷烟后,卷烟主流烟气中醛类化合物释放量降低了21.6%,而烟气常规及感官质量变化较小,表明所制备的材料对卷烟主流烟气中的醛类化合物有良好的选择吸附性能。**关键词:**卷烟;烟气;选择性减害;醛类化合物;乙酰乙酰化纤维素

Abstract: In order to selectively reduce the release amount of aldehyde compounds in mainstream cigarette smoke, the acetylated acetylated cellulose was synthesized on the base of microcrystalline cellulose. According to the aldehyde reduction effect, the synthesis conditions were optimized, and then the synthesized material were added in the cigarette filter tip. Results (1) The optimum synthesis conditions of acetylated acetylated cellulose were: cellulose ion concentration 5%, derivatization reagent molar ratio of diketene: cellulose=2:1, the reaction time 3 h, reaction temperature 110℃, DMAP as catalyst. (2) When the acetylated acetylated cellulose material were added a dual-filter of cigarette at the amount of 30 mg/cig, the release of aldehyde compounds in the mainstream smoke was reduced by 21.6%, while conventional mainstream smoke

indexes and sensory quality not changed obviously, which showed that the material had perfectly selectively adsorption aldehyde compounds in mainstream cigarette smoke.

Keywords: cigarette; smoke; aldehyde compounds; selective adsorption; acetylated acetylated cellulose

近年来,随着人们生活水平的不断提高,消费者越来越重视吸烟与健康问题。醛类化合物作为卷烟烟气中的主要组分之一^[1],被列入 Hoffman 名单^[2]中。烟气中的巴豆醇已被列为卷烟主流烟气中主要有害物质之一^[3-4]。卷烟中的醛类化合物在卷烟抽吸过程中会不同程度地刺激人体的呼吸系统和感觉器官,长期吸入会对人体造成较严重的危害^[5]。近年来,在降低主流烟气中挥发性醛类化合物的功能材料开发方面,国内外研究者进行了很多研究,例如阳离子交换树脂改性研究^[6], Y 型分子筛改性研究^[7],三氧化二铝改性研究^[8],活性炭改性研究^[9]等。然而,在卷烟中应用这些材料时,虽然能有效降低卷烟主流烟气中的挥发性羰基化合物释放量,但卷烟烟气中焦油含量和卷烟的吸味同时也发生了改变,最终导致卷烟感官品质的变化。因此,在保持卷烟的吸味和抽吸品质不变的前提下,选择性地降低卷烟烟气中的有害成分已成为烟草行业急需解决的问题。目前利用功能材料选择性降低卷烟烟气中的有害成分是烟草科学研究领域的重要课题之一^[10-12]。

在有机化学中活性亚甲基的定义为邻位具有羰基的亚甲基结构,活泼亚甲基中氢原子非常活泼,容易离去,形成稳定的负碳离子作为强亲核试剂,非常容易与醛类化合物发生亲核加成反应。纤维素是可再生资源,也是最古老、最丰富的天然高分子资源。纤维素材料比表面积大,而且富含大量羟基,便于活泼亚甲基的引入,并且相对于卷烟滤棒而言,纤维素与卷烟滤棒的材料醋酸纤维具有一定的结构相似性,因

基金项目:河南中烟工业有限责任公司科技项目(编号:ZW2015032)

作者简介:齐海英,女,河南中烟工业有限责任公司工程师,学士。

通信作者:李国政(1978—),男,河南中烟工业有限责任公司工程师,硕士。E-mail: guozheng_li@126.com

收稿日期:2017-07-06

此,在纤维素中引入活泼亚甲基进行改性后,与烟气中醛类化合物反应具有一定的可行性。

本试验以微晶纤维素作为底物,在纤维素的活性羟基位上进行乙酰乙酐化反应,制备相应的活泼亚甲基纤维素材料——乙酰乙酐化纤维素,通过红外光谱、核磁氢谱进行结构表征,结合卷烟滤嘴添加剂减害性能模拟评价装置^[13]进行材料合成条件优化,并应用于卷烟产品中。旨在为选择性降低卷烟主流烟气中的醛类化合物提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

微晶纤维素:食品级,上海迈瑞尔化学技术有限公司;

4-二甲氨基吡啶(DMAP):分析纯,北京中科拓展化学技术有限公司;

双乙烯酮:工业级,上海速博化学科学技术有限公司;

无水 LiCl:分析纯,天津科密欧化学试剂有限公司;

N,N-二甲基乙酰胺(DMAc):分析纯,天津市天利化学试剂有限公司;

对甲苯磺酸:分析纯,上海迈瑞尔化学技术有限公司。

1.2 仪器与设备

直线型吸烟机:SM 450 型,英国 Cerulean 公司;

高效液相色谱仪:Agilent1100 型,美国 Agilent 公司;

气相色谱仪:Agilent6890 型,美国 Agilent 公司;

电子天平:AL-204-IC 型,瑞士 Mettler Toledo 公司;

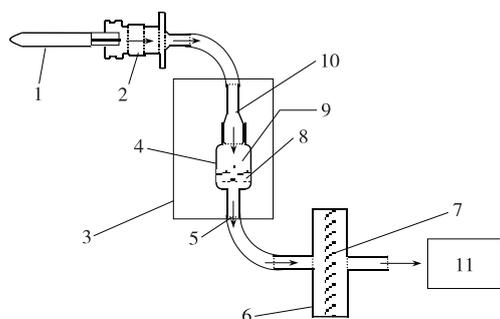
真空干燥箱:DZF6020 型,上海精宏实验设备有限公司;

傅立叶变换红外光谱仪:NEXUS-470 型,美国 Nicolet 公司;

超导核磁共振仪:Bruker DPX 400(400MHz)型,德国 Bruker 公司;

多功能综合测试台:QTMOPC835U7Le 型,英国 Cerulean 公司;

卷烟滤嘴添加剂减害性能模拟评价装置见图 1。



1. 卷烟 2. 夹持器 3. 模拟评价装置 4. 玻璃容器 5. 连接管口
6. 捕集器 7. 剑桥滤片 8. 脱活玻璃棉 9. 吸附剂 10. 磨砂玻璃接口 11. 吸烟机

图 1 卷烟滤嘴添加剂减害性能模拟评价装置示意图

Figure 1 Sketch map of simulation evaluation device for reducing harmful components of cigarette filter additive

1.3 方法

1.3.1 乙酰乙酐化纤维素材料的制备 在装有温度计、机械搅拌器、通氮气的 250 mL 四口圆底烧瓶中加入 100 mL DMAc,开动搅拌。在 N_2 保护下升温至 $150\text{ }^\circ\text{C}$,保温 30 min;降温至 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 加入 5 g 微晶纤维素,升温至 $160\text{ }^\circ\text{C}$,保温 30 min;降温至 $80\text{ }^\circ\text{C}$,加入 2.5 g 无水 LiCl,加入后 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 反应 2 h,即成浅黄色透明黏稠状纤维素离子液体,室温搅拌过夜。

加热纤维素离子液体至 $80\text{ }^\circ\text{C}$,加入 75 mg DMAP,用恒压滴液漏斗滴加 4.5 mL 双乙烯酮,滴加时间为 10 min,滴加完毕后反应 3 h。关闭电源和 N_2 ,冷却至室温。量取反应液体积 15 倍的蒸馏水于大烧杯中,在不断搅拌的情况下,缓慢将反应液滴入烧杯中,析出产品。将产品过滤,用大量的水清洗, $50\text{ }^\circ\text{C}$ 真空干燥 48 h,得到乙酰乙酐化纤维素材料产品。将乙酰乙酐化纤维素材料粉碎、过筛,选取 40~60 目颗粒,备用。

1.3.2 反应条件的影响 采用单因素试验方法,考察不同反应条件(如纤维素离子溶液浓度、衍生化试剂比例、反应温度、反应时间)对所制备的乙酰乙酐化纤维素降醛效果的影响,根据材料在模拟评价装置(添加量为 30 mg/支,粒径为 40~60 目)中的降醛效果,确定合成乙酰乙酐化纤维素材料的最佳反应条件。

(1) 纤维素离子溶液浓度的选择:固定微晶纤维素质量 5 g、催化剂 75 mg 4-二甲氨基吡啶、衍生化试剂摩尔比为双乙烯酮:纤维素=2:1、反应时间 3 h、反应温度 $110\text{ }^\circ\text{C}$,分别考察纤维素离子溶液质量百分比浓度为 2.5%,5.0%,7.5%,10.0%时所制备的乙酰乙酐化纤维素降醛效果。

(2) 衍生化试剂比例的选择:固定微晶纤维素质量 5 g、催化剂 75 mg 4-二甲氨基吡啶、纤维素离子溶液质量百分比浓度 5%、反应时间 3 h、反应温度 $110\text{ }^\circ\text{C}$,分别考察衍生化试剂双乙烯酮与微晶纤维素的摩尔比为 1.0:1,1.5:1,2.0:1,3.0:1 时所制备的乙酰乙酐化纤维素降醛效果。

(3) 反应时间的选择:固定微晶纤维素质量 5 g、催化剂 75 mg 4-二甲氨基吡啶、纤维素离子溶液质量百分比浓度 5%、衍生化试剂摩尔比为双乙烯酮:纤维素=2:1、反应温度 $110\text{ }^\circ\text{C}$,分别考察在滴加衍生化试剂后反应时间为 1.0,1.5,2.0,3.0,4.0 h 时所制备的乙酰乙酐化纤维素降醛效果。

(4) 反应温度的选择:固定微晶纤维素质量 5 g、催化剂 75 mg 4-二甲氨基吡啶、纤维素离子溶液质量百分比浓度 5%、衍生化试剂摩尔比为双乙烯酮:纤维素=2:1、反应时间 3 h,分别考察了反应温度为 50,80,110,120,140 $^\circ\text{C}$ 时所制备的乙酰乙酐化纤维素降醛效果。

(5) 催化剂的选择:固定微晶纤维素质量 5 g、纤维素离子溶液质量百分比浓度 5%、衍生化试剂摩尔比为双乙烯酮:纤维素=2:1、反应时间 3 h、反应温度 $110\text{ }^\circ\text{C}$,分别使用 DMAP、对甲苯磺酸作为催化剂制备乙酰乙酐化纤维素,考察催化剂对所制备的乙酰乙酐化纤维素降醛效果的影响。

1.4 材料表征

1.4.1 乙酰乙酐化纤维素红外光谱表征 样品经 KBr 压片后进行红外光谱分析,波长范围 $4\ 000\sim 400\text{ cm}^{-1}$ 。与原料

微晶纤维素相比,乙酰化纤维素材料是在羟基上引入乙酰基团,主要通过比较两者红外光谱图上在 $3\ 300\sim 3\ 500\ \text{cm}^{-1}$ 左右的一OH 基伸缩振动峰、 $1\ 700\ \text{cm}^{-1}$ 左右乙酰基的双羰基峰强度变化,确定其反应程度。

1.4.2 乙酰乙酐纤维素核磁氢谱表征 对样品进行核磁共振氢谱分析。通过氢谱的表征结果,比较葡萄糖糖环和乙酰乙酐基上氢的积分比,按式(1)计算乙酰乙酐基的取代度。

$$DS_{AA} = \frac{I_{AA} \times 7}{I_{AGU} \times 5}, \quad (1)$$

式中:

DS_{AA} ——乙酰乙酐基取代度;

I_{AA} ——乙酰乙酐基上氢的积分;

I_{AGU} ——葡萄糖糖环上氢的积分。

1.5 材料降醛性能的模拟评价

采用图 1 所示的卷烟滤嘴添加剂减害性能模拟评价装置,评价不同材料对卷烟主流烟气中醛类化合物的选择性吸附功能。以不添加吸附剂的卷烟模拟评价醛类释放量为对照,分别对微晶纤维素原料和乙酰化纤维素材料使用模拟评价装置(添加量 $30\ \text{mg}/\text{支}$,粒径 $40\sim 60$ 目)的降醛效果进行比较。卷烟主流烟气醛类化合物释放量的测定按 YC/T 254—2008 执行,每个样品重复检测 5 次。

1.6 卷烟应用试验

采用二元复合滤棒的形式将乙酰乙酐纤维素材料应用于卷烟,二元复合滤棒规格为长 $100\ \text{mm}$ 、材料的添加量为 $3\ \text{mg}/\text{mm}$,单支卷烟滤嘴由 $10\ \text{mm}$ 加料段和 $15\ \text{mm}$ 正常醋纤段组成,以正常醋纤滤嘴卷烟为对照。为保证试验卷烟和对照卷烟的一致性,卷烟样品的卷制采用相同辅材、同一卷烟机组、同一操作人员。

将样品卷烟在温度 $(22\pm 1)\ ^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $(60\pm 2)\%$ 的条件下平衡 48 h,采用多功能综合测试台测试样品卷烟的吸阻、重量等物理参数。选取质量为(平均质量 ± 0.02) g 和吸阻为(平均吸阻 ± 50) Pa 的卷烟进行烟气分析。卷烟主流烟气中醛类化合物释放量测定按 YC/T 254—2008 执行,烟气常规成分测定分别按 GB/T 19609—2004、GB/T 23355—2009、YC/T 157—2001 和 GB/T 23356—2009 执行,每个样品重复检测 5 次,考察材料在卷烟中的实际减害效果。

2 结果与讨论

2.1 反应条件影响

2.1.1 纤维素离子溶液浓度对材料降醛效果的影响 由表 1 可知,不同浓度的纤维素离子溶液制备得到的乙酰乙酐纤维素取代度均在 1.6 左右。浓度对产率影响较大,浓度在 5% 时,产率为 85%,随着浓度继续增加,产率有所降低,可能是随着纤维素离子溶液浓度增大,溶液黏度增大,滴加的乙酰乙酐化试剂不易及时分散,局部剧烈放热,导致部分产物分解。综合考虑反应产率和降醛效果,选择最佳的纤维素离子溶液质量百分比浓度为 5%。

2.1.2 衍生化试剂比例对材料降醛效果的影响 由表 2 可知,不同衍生化试剂比例,对乙酰乙酐基团取代度的影响较

表 1 纤维素离子溶液浓度对降醛效果的影响

Table 1 Effect of cellulose ion solution concentration on aldehydes degradation

纤维素离子溶液浓度/%	乙酰乙酐基取代度	产率/%	醛类化合物总量降低率/%
2.5	1.53	87	22.5
5.0	1.62	85	24.3
7.5	1.54	74	23.3
10.0	1.51	67	24.1

表 2 衍生化试剂比例对降醛效果的影响

Table 2 Effects of proportions of derivatization reagents on aldehydes degradation

双乙烯酮与微晶纤维素摩尔比	乙酰乙酐基取代度	产率/%	醛类化合物总量降低率/%
1.0 : 1	0.89	87	12.5
1.5 : 1	1.31	84	19.4
2.0 : 1	1.62	85	24.3
3.0 : 1	1.71	83	25.9

大,对产率影响不大。随着衍生化试剂比例的增加,产品的乙酰乙酐化程度也增加。醛类化合物总量的降低率随着乙酰乙酐基团取代度的增加呈增长趋势。综合成本和降醛效果,选择最佳的双乙烯酮与微晶纤维素的摩尔比为 2 : 1。

2.1.3 反应时间对材料降醛效果的影响 由表 3 可知,随着反应时间的延长,产品的乙酰乙酐基团取代度不断增加,并呈现出先快后慢的趋势。醛类化合物总量的降低率随着乙酰乙酐基团取代度的增加呈增长趋势。依据效率、产率和降醛效果,选择最佳反应时间为 3 h。

表 3 反应时间对降醛效果的影响

Table 3 Effect of reaction time on aldehydes degradation

反应时间/h	乙酰乙酐基取代度	产率/%	醛类化合物总量降低率/%
1.0	0.87	82	11.8
1.5	1.28	87	18.4
2.0	1.59	83	23.9
3.0	1.62	85	24.3
4.0	1.64	86	24.5

2.1.4 反应温度对材料降醛效果的影响 由表 4 可知,当反应温度 $< 110\ ^\circ\text{C}$ 时,随着反应温度的升高,产品的乙酰乙酐基团取代度呈现出明显的增加趋势,当反应温度 $> 110\ ^\circ\text{C}$ 后,乙酰乙酐基团取代度基本保持不变,但产率有所降低。在试验中发现,当反应温度超过 $110\ ^\circ\text{C}$,反应体系的颜色会明显加深,甚至会变成红棕色,可能与反应温度过高,引起产物分解或者其他副反应产生有关。醛类化合物总量降低率随温度的升高呈现先升后降的趋势。依据产率和降醛效果,选择最佳的反应温度为 $110\ ^\circ\text{C}$ 。

表 4 反应温度对降醛效果的影响

Table 4 Effect of reaction temperature on aldehydes degradation

反应温度/℃	乙酰乙酰基取代度	产率/%	醛类化合物总量降低率/%
50	0.45	82	7.3
80	0.95	87	13.2
110	1.62	85	24.3
120	1.57	82	23.8
140	1.52	79	21.6

2.1.5 催化剂对材料降醛效果的影响 由表 5 可知,当不使用催化剂时,反应也会照常进行,当使用催化剂时,乙酰乙酰取代度会有所提高。但随着催化剂用量的增加,乙酰乙酰取代度基本不变。使用对甲基苯磺酸的乙酰乙酰取代度略低于使用 DMAP 的。依据降醛效果,选择 DMAP 作为催化剂,用量为 15 mg/g·纤维素。

表 5 催化剂对材料降醛效果的影响

Table 5 Effects of catalysts on aldehydes degradation

催化剂	催化剂用量/(mg·g ⁻¹ ·cellulose)	乙酰乙酰基取代度	产率/%	醛类化合物总量降低率/%
DMAP	0	1.47	87	21.6
DMAP	10	1.54	83	23.1
DMAP	15	1.62	85	24.3
DMAP	20	1.61	84	24.2
DMAP	25	1.63	86	23.9
对甲基苯磺酸	15	1.57	84	22.8

2.2 降醛效果比较

由表 6 可知,与对照相比,微晶纤维素对醛类化合物基本无降低效果,乙酰乙酰化纤维素材料的巴豆醛降低率为 20.8%,醛类化合物总量降低率为 24.3%。改性后的乙酰乙酰化纤维素材料对主流烟气中的挥发性醛类化合物均具有较高的降低效果。

表 6 模拟评价结果

Table 6 Results of Simulation evaluation

样品	甲醛		乙醛		丙烯醛		丙醛	
	释放量/(μg·cig ⁻¹)	降低率/%						
对照	104.5		624.6		63.4		48.3	
微晶纤维素	102.4	2.0	618.7	0.9	62.8	0.9	49.4	-2.3
乙酰乙酰化纤维素	58.0	44.5	483.5	22.6	51.9	18.1	38.2	20.9

样品	巴豆醛		丁醛		总量	
	释放量/(μg·cig ⁻¹)	降低率/%	释放量/(μg·cig ⁻¹)	降低率/%	释放量/(μg·cig ⁻¹)	降低率/%
对照	20.7		28.0		889.4	
微晶纤维素	20.8	-0.5	27.5	1.8	881.8	0.9
乙酰乙酰化纤维素	16.4	20.8	25.6	8.6	673.6	24.3

2.3 卷烟应用试验

由表 7 可知,试验卷烟与对照卷烟相比除每支试验卷烟的质量增加了 31 mg 以外,其他物理参数基本一致。由于设计的乙酰乙酰化纤维素材料每支卷烟滤嘴中的添加量为 30 mg,因此试验卷烟与设计相符。

卷烟烟气常规指标检测结果(表 8)表明,与对照卷烟相比试验卷烟的主流烟气常规成分释放量和抽吸口数基本保持一致。

卷烟烟气中醛类化合物释放量的测试结果(表 9)表明,添加乙酰乙酰化纤维素材料后醛类化合物释放量明显降低。与对照卷烟相比,试验卷烟的甲醛选择性降低率 42.4%,乙

醛选择性降低率 20.4%,巴豆醛选择性降低率 18.5%,醛类化合物总量选择性降低率 21.6%。试验卷烟与对照卷烟的呼吸结果(表 10)表明,试验卷烟无异味,刺激略有增加,其整体风格和总体感官质量均与对照卷烟保持一致。

表 7 样品卷烟的物理参数

Table 7 Physical parameters of cigarette samples

样品	质量/(mg·cig ⁻¹)	圆周/mm	长度/mm	吸阻/Pa
对照卷烟	927	24.4	84.2	891
试验卷烟	958	24.5	84.2	901

表 8 样品卷烟的常规烟气指标

Table 8 Conventional mainstream smoke indexes of cigarette

样品	烟气总颗粒物/(mg·cig ⁻¹)	焦油/(mg·cig ⁻¹)	烟碱/(mg·cig ⁻¹)	CO/(mg·cig ⁻¹)	水分/(mg·cig ⁻¹)	抽吸口数/口
对照卷烟	10.9	9.3	0.8	9.7	0.8	6.5
试验卷烟	10.8	9.5	0.8	9.4	0.7	6.7

表 9 卷烟样品主流烟气挥发性醛类化合物的释放量

Table 9 Release of aldehyde compounds of mainstream smoke $\mu\text{g}/\text{cig}$

样品	甲醛	乙醛	丙烯醛	丙醛	巴豆醛	丁醛	总量
对照卷烟	77.1	539.1	58.7	41.5	24.3	24.0	764.6
试验卷烟	44.4	429.1	49.7	34.3	19.8	22.3	599.6

表 10 样品卷烟感官质量评价结果

Table 10 Results of sensory quality evaluation of cigarette samples

样品	光泽	香气	协调	杂气	刺激	余味	总分
对照卷烟	4.50	27.98	4.93	10.33	17.38	21.76	86.9
试验卷烟	4.50	27.94	4.95	10.27	17.21	21.82	86.7

3 结论

通过单因素分析法和模拟评价,确定了降醛效果最佳的乙酰乙酐纤维素材料的合成条件;采用二元复合滤棒的形式将乙酰乙酐纤维素材料应用于卷烟产品,将试验卷烟与对照卷烟相比,主流烟气常规成分无明显差异,巴豆醛选择性降低率 18.5%,醛类化合物总量选择性降低率 21.6%,试验卷烟整体风格和总体感官质量均与对照卷烟保持一致。表明乙酰乙酐纤维素材料能够较好地选择性吸附卷烟主流烟气中的醛类化合物,可以为低有害成分释放量卷烟设计提供有力的技术支持,在卷烟生产中具有很好的应用前景。

参考文献

[1] 谢剑平. 卷烟危害性评价原理与方法[M]. 北京: 化学工业出版社

社, 2011: 86-90.

- [2] World Health Organization. Environmental health criteria 89 [M]. Geneva: World Health Organization, 1989: 255.
- [3] 段焰青, 者为, 李祖红. 卷烟烟气中 7 种主要有害物质及其危害[J]. 烟草科学研究, 2007(12): 61-64.
- [4] 谢剑平, 刘惠民, 朱茂祥, 等. 卷烟烟气危害性指数研究[J]. 烟草科技, 2009(2): 5-15.
- [5] 庄亚东, 曹毅, 朱怀远, 等. 卷烟烟气中 8 种羰基化合物对口腔的刺激作用[J]. 烟草科技, 2014(5): 32-36.
- [6] BRANTON P J, MCADAM K G, WINTER D B, et al. Reduction of aldehydes and hydrogen cyanide yields in mainstream cigarette smoke using an amine functionalised ion exchange resin [J]. Chem Cent J, 2011, 5(1): 5-15.
- [7] 李绍民, 胡有持, 赵明月, 等. 利用改性 Y 型分子筛降低卷烟烟气中的有害成分[J]. 中国烟草学报, 2003, 9(3): 28-39.
- [8] 聂聪, 赵乐, 彭斌, 等. 应用后合成法制备的胺基功能化材料降低卷烟主流烟气中挥发性羰基化合物研究[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(S1): 50-54.
- [9] 解晓翠, 常纪恒, 于川芳, 等. 活性炭结构对卷烟主流烟气化学成分吸附效率的影响[J]. 烟草科技, 2012(9): 31-35.
- [10] 吴金凤, 李学刚, 王鹏, 等. 黄连生物碱复合滤嘴选择性降低卷烟烟气中的 HCN[J]. 烟草科技, 2012(9): 58-62.
- [11] 王程辉, 张丽丽, 徐迎波, 等. 分子印迹材料选择性截留卷烟烟气中芳胺的研究[J]. 光谱实验室, 2010, 27(4): 1 574-1 578.
- [12] 杨松, 聂聪, 孙学辉, 等. 聚酯酸乙酯大孔吸附树脂选择性降低烟气中苯酚研究[J]. 中国烟草学报, 2013, 19(1): 1-4.
- [13] 聂聪, 赵乐, 彭斌, 等. 卷烟滤嘴添加剂减害性能模拟评价装置: 中国, CN200982968Y[P]. 2007-11-28.

(上接第 145 页)

发挥美白功效。玫瑰发酵液具有皮肤安全性。本试验研究了玫瑰发酵液的成分、美白功效, 可为其在抗衰老及美白功效食品中的应用提供参考。

参考文献

- [1] 孙静, 马琳, 吕斯琦, 等. 中药发酵技术研究进展[J]. 药物评价研究, 2011, 34(1): 49-52.
- [2] 施昌松. 天然活性化妆品的现状与发展趋势[J]. 日用化学品科学, 2012, 35(2): 1-5.
- [3] 方燕玉. 天然活性成分在化妆品中的应用研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2008: 1-2.
- [4] 赵兴秀, 何义国, 邹伟, 等. 发酵培养基对不同方法测量透明质酸结果的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(2): 7-10.
- [5] 贾长虹, 常丽新, 杨亚男, 等. 玫瑰叶黄酮提取及其对亚硝酸盐的清除作用[J]. 食品与机械, 2009, 25(5): 78-81.
- [6] 张建成. 大马士革玫瑰精油提取和综合利用[D]. 北京: 北京化工大学, 2006: 1-3.
- [7] 刘绍军, 刘畅, 张艳霞, 等. 特色玫瑰葡萄酒发酵工艺优化[J]. 河北科技师范学院学报, 2012(1): 1-4.
- [8] 林森. 浙江玫瑰醋纯种发酵技术的研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2009: 8-12.
- [9] 杨洋, 高航. 玫瑰樱桃复合风味发酵乳的研制[J]. 中国奶牛, 2015(5): 43-46.
- [10] 莫大美, 吴荣书. 复合菌种发酵法制备玫瑰酵素工艺研究[J].

食品工业, 2016, 37(10): 64-69.

- [11] 包怡红, 刘奇, 王薇. 酿酒酵母胞外多糖发酵工艺条件优化[J]. 酿酒, 2012, 39(2): 58-62.
- [12] 帕尔哈提·柔孜, 阿依姑丽·艾合麦提, 朱昆, 等. 玫瑰花瓣总黄酮和总多糖的体外抗氧化活性[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 138-141.
- [13] 白伟芳, 崔波. 玫瑰花多糖提取及抗氧化活性研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(6): 83-86.
- [14] 庄永亮, 张燕新, 唐远龙. 玫瑰蜂花粉中不同存在形态酚类物质的组成及其抑制 B16 黑色素瘤细胞的活性[J]. 现代食品科技, 2016, 32(8): 1-7.
- [15] MARCONI A, PANZA M C, BONNET M, et al. Expression and function of neurotrophins and their receptors in human melanocytes [J]. International Journal of Cosmetic Science, 2006, 28(4): 255-261.
- [16] YAAR M, GROSSMAN K, ELLER M, et al. Evidence for nerve growth factor-mediated paracrine effects in human epidermis[J]. The Journal of Cell Biology, 1991, 115(3): 821-828.
- [17] IMOKAWA G. Autocrine and paracrine regulation of melanocytes in human skin and in pigmentary disorders[J]. Pigment Cell Research, 2004, 17(2): 96-110.
- [18] BRENNER M, VINCENT J. Modifying skin pigmentation - approaches through intrinsic biochemistry and exogenous agents[J]. Drug Discovery Today Disease Mechanisms, 2008, 5(2): 189-199.
- [19] 中华人民共和国卫生部. 卫监督发[2007]1 号 化妆品卫生规范[S]. 北京: [出版者不详], 2007: 277-279.