

不同规格中细支卷烟醋纤丝束性能研究

Study on performance of different specifications of acetate tow for medium fine cigarette

高明奇¹ 顾亮¹ 李明哲¹ 孟洋² 田海英¹

GAO Ming-qi¹ GU Liang¹ LI Ming-zhe¹ MENG Yang² TIAN Hai-ying¹

张展¹ 杨金初¹ 纪朋¹ 董艳娟¹ 冯晓民¹

ZHANG Zhan¹ YANG Jin-chu¹ JI Peng¹ DONG Yan-juan¹ FENG Xiao-min¹

(1. 河南中烟工业有限责任公司技术中心, 河南 郑州 450000;

2. 河南中烟工业有限责任公司黄金叶生产制造中心, 河南 郑州 450000)

(1. Technology Center, Henan Branch of China Tobacco Industry Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000, China;

2. Gold Leaf Production Manufacturing Center, Henan Branch of China Tobacco Industry Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000, China)

摘要:为给中细支卷烟($\varphi=7.0$ mm)滤棒设计开发提供更多参考,选取 3 种典型规格醋纤丝束成型为目标压降中细支滤棒,卷接为中细支卷烟,以烟碱为目标物质,考察过滤能力。结果表明:① 不同规格醋纤丝束成型能力特性曲线存在明显差异,所选取 6 种规格醋纤丝束覆盖压降范围为 2 170~5 880 Pa,且总趋势为高单旦、低总旦规格醋纤丝束适宜成型低压降中细支滤棒;② 所成型目标压降滤棒烟碱过滤效率为 22.0%~27.0%,同一规格醋纤丝束,随着滤棒压降升高,滤嘴对卷烟主流烟气烟碱的过滤效率随之升高,且总趋势为高单旦、低总旦醋纤丝束适宜于成型低过滤效率细支滤棒。可根据中细支卷烟设计目标,选择不同规格丝束成型适宜压降滤棒,获得满意的卷烟感官质量和适宜的主流烟气过滤效率。

关键词:中细支卷烟;醋纤丝束;丝束规格;成型能力;过滤效率;烟碱

Abstract: In order to provide more reference for design and development of materials of the medium fine cigarette ($\varphi=7.0$ mm), different typical specifications of acetate tow of medium fine filter rods were selected, and forming ability of different specifications of acetate tow was evaluated, and then the forming ability characteristic

curves were also given. Fine filter rods with different pressure drop were prepared from different specifications of acetate tows, and were made into medium fine cigarettes, the filtration ability of fine filter rods with different specifications of acetate tows were investigated by using nicotine as the target material. The results showed that: ① Obvious differences were found in the characteristic curves of different specifications of acetate tows, and pressure drop range of the selected six kinds of acetate tow were covered from 2 170 Pa to 5 880 Pa. Moreover, the general trend was found that the specification of high total and low single denier tows was better lower pressure drop medium fine filter rod; ② The filtration efficiencies of different pressures drop filter rods were from 22.0% to 27.0%, and the filtration efficiency of nicotine in cigarette smoke increased with the increase of pressure drop of filter rods. In addition, the general trend showed to be that the specifications of high total and low single denier tows were better for lower filtration efficiency medium fine filter rod. Both better sensory quality and proper filtration efficiency could be obtained by using different specifications of acetate tow.

Keywords: fine cigarette; acetate tow; specification; forming ability; filtration ability; nicotine

基金项目:中国烟草总公司重大专项(编号:110201601013[XZ-04]);河南中烟工业有限责任公司重点科技项目(编号:YN2016005)

作者简介:高明奇,男,河南中烟工业有限责任公司工程师,硕士。

通信作者:冯晓民(1974—),男,河南中烟工业有限责任公司工程师。

E-mail: fengxiaomin@163.com

收稿日期:2017-03-03

近年卷烟规格不断创新,中细支卷烟($\varphi=7.0$ mm)以其外观新颖别致、焦油释放量低获得了较多关注。中细支卷烟做为中式卷烟中的一个重要品类分支,在降焦减害、节能环保和降本增效等方面具有显著优势,但中细支卷烟在快速发展的同时,也遇到了一些技术瓶颈和问题,比如醋纤丝束规格不匹配等。当前,中国中细支卷烟主要采用 6.0Y30000

(den/den)规格醋纤丝束滤棒,醋纤丝束规格相对单一,存在压降匹配性差等问题,不适用于部分中细支卷烟产品,中细支卷烟用醋纤丝束规格亟待丰富。

张淑洁等^[1]研究了醋酸纤维的力学性能、吸附过滤性能、吸湿性、卷曲性、耐碱性、稳定性等基本性能,分析了其力学性能与吸附过滤性能,然后根据醋酸纤维的特性,重点分析了醋酸纤维在卷烟行业、纺织行业、生物医学领域的应用现状。滤棒设计的关键在于选择适当规格的丝束来满足卷烟对滤嘴压降、过滤效率、硬度、圆周等基本要求^[2-3]。滤棒醋纤丝束规格的选择直接关系到其压降和过滤效率的高低,进而影响到卷烟产品的感官质量,是卷烟三纸一棒设计中的重要参数^[3]。Christopher M. Bundren 等^[4]研究了适用于细支滤棒的高单旦、低总旦醋纤丝束卷曲加工工艺,指出所成型细支滤棒吸阻变异系数最高可达7%,低的也有4%,远高于常规滤棒吸阻2.0%~2.5%的水平。魏玉玲等^[5]考察了卷烟材料组合搭配对主流烟气量及过滤效率的影响,结果表明滤嘴及吸阻、接装纸透气度相对丝束规格对过滤效率影响更显著。刘镇等^[3]分析了丝束规格对特性曲线的影响和丝束规格与滤嘴过滤效率的关系,提出在滤嘴设计中选择丝束规格的具体思路,即通过目标滤棒参数,根据丝束的成型能力及过滤能力进行选择。戴永生^[6]采用低单旦规格的醋酸纤维丝束在KDF2/AF2成形机上稳定生产出圆周为23.8 mm、吸阻为3 280~4 290 Pa的细圆周滤棒,并与其它规格醋纤丝束相比,其可节约丝束3.5%~4.8%,过滤效率提高1%。常纪恒等^[7]研究了滤棒成型过程中质量波动的影响因素,用不同规格的醋纤丝束在KDF-2型滤棒成型机上进行试验,结果表明,丝束规格一定的前提下,辊速比、螺旋压力、空气喷嘴压力及稳定辊压力等工艺参数对醋酸纤维丝束的稳定开松和成型质量起决定性作用。李钰靓等^[8]通过对滤棒使用的全过程进行数据采集、处理、显示和监控,实现了滤棒交换中心配置状态与滤棒实物的实时比较和状态显示,并能将监控界面远程发布到各末端分布式节点。以上文献主要集中在丝束选择、滤棒成型工艺及质量控制方面,且主要关注点为滤棒质量稳定性,为丝束选择及成型提供了参考,但尚未有相关文献针对中细支卷烟醋纤丝束进行系统研究。

目前,国内外有关中细支卷烟文献报道^[9-12]主要集中在设备改造及滤成型,中细支卷烟用滤棒及醋纤丝束的相关研究报道较少,特别是缺乏对中细支卷烟用醋纤丝束的成型能力、过滤效率等具体应用性能的系统研究。本试验拟对几种适用于中细支滤棒的不同规格醋纤丝束开展应用性能研究,重点关注醋纤丝束滤棒成型能力及对卷烟主流烟气的过滤能力,通过考察不同规格醋纤丝束的成型及过滤能力,旨在为中细支卷烟的丝束及滤棒设计开发提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

5.0Y35000 规格二醋酸纤维素丝束:南通醋酸纤维有限公司;

3.6Y31000、3.8Y30000、5.5Y35000、5.0Y28000 规格二醋酸纤维素丝束:美国塞拉尼斯有限公司;

6.7Y28000 规格二醋酸纤维素丝束:大赛璐(中国)投资有限公司;

滤棒成型机:KDF2型,沈阳飞机制造公司;

电子分析天平:ML204型,感量0.1 mg,瑞士Mettler公司;

多功能综合测试台:SODIMAX型,法国Sodim Instrumentation公司;

滤棒物理指标综合测试台:D49型,法国Sodim Instrumentation公司;

恒温恒湿箱:KBF型,德国Binder公司;

吸烟机:SM450-PC107直线型,美国Cerulean公司;

气相色谱仪:6890A型,美国Agilent公司。

1.2 方 法

1.2.1 醋纤丝束成型能力特性曲线绘制 将滤棒成型速度、滤棒圆周调整到规定要求,停止施加增塑剂、中线胶,并将增塑剂添加系统清理干净。然后,通过调整滤棒成型工艺参数(开松比、对辊压力、开松宽度),分别制备最小棒和最大棒,并取样检测最小棒、最大棒的压降、圆周、水分。同时,取一份平行样品,分别将最小棒和最大棒的成型纸剥离干净,并测量100支无成型纸滤棒丝束的重量。以吸阻为纵坐标,100支无成型纸滤棒丝束的重量为横坐标,绘制丝束成型能力特性曲线。

1.2.2 中细支滤棒过滤效率检测 在其成型能力范围内将3种规格丝束成型为不同压降中细支滤棒,滤棒样品质量要求见表1。将滤棒接装成中细支卷烟,卷烟样品质量要求见表2,为保障检测过滤效率的准确性,采用了零透气度接装纸卷接样品,使卷接出的卷烟样品接装纸上无正常卷烟的通风孔带,进而测定滤嘴的过滤效率。参考文献^[12]中的方法测算卷烟样品主流烟气烟碱的过滤效率。同时,为保证所测卷烟样品含烟丝量尽量保持一致,对已制备卷烟样品进行严格挑选后作为待测样。

表1 中细支滤棒样品要求

Table 1 Physical parameters of medium fine filter rod samples

| 项目 | 圆周/mm | 长度/mm | 压降/Pa | 圆度/mm | 硬度/% |
|-----|-------|--------|-------|-------|------|
| 中心值 | 21.90 | 100.00 | — | ≤0.35 | ≥86 |
| 允差 | ±0.20 | ±0.50 | ±300 | — | — |

表2 中细支卷烟样品要求

Table 2 Physical parameters of medium fine cigarette samples

| 项目 | 圆周/mm | 长度/mm | 单支含烟丝量/mg | 20支含烟丝量/g | 硬度/% |
|-----|-------|-------|-----------|-----------|------|
| 中心值 | 22.00 | 86.00 | 570 | 11.40 | 68 |
| 允差 | ±0.20 | ±0.50 | ±40 | ±0.20 | ±10 |

1.2.3 醋纤维束、细支滤棒及卷烟的化学指标检测

(1) 卷烟及滤棒样品调节:按 GB/T 16447—2004《烟草及烟草制品调节和测试的大气环境》执行。

(2) 滤棒物理性能检测:按 GB/T 22838—2009《卷烟和滤棒物理性能的测定》执行。

(3) 卷烟主流烟气及滤嘴中总颗粒物、焦油和水分的测定:按 GB/T 19609—2004《卷烟用常规分析用吸烟机测定总颗粒物 and 焦油》执行。

(4) 主流烟气中烟碱的测定:按 GB/T 23355—2009《卷烟 总颗粒物中烟碱的测定 气相色谱法》执行。

(5) 滤嘴中烟碱的测定:按 YC/T 154—2001《卷烟滤嘴中烟碱的测定方法 气相色谱法》执行。

(6) 卷烟抽吸:按 GB/T 16450—2004《常规分析用吸烟机定义和标准条件》执行。

(7) 醋纤维束理化指标的测定:按 YC/T 169—2009《烟用丝束理化性能的测定》执行,包括丝束单旦、总旦、断裂长度、油剂含量等,并与标准值进行对比分析。

2 结果与分析

2.1 醋纤维束在 KDF2/AF2 滤棒成型机上成型能力特性曲线

在已定滤棒规格、成型设备和成型条件的情况下,每种规格醋纤维束具有一个从最低压降到最高压降的成型能力范围。以滤棒压降和丝束重量为坐标,用一根曲线来表示醋纤维束的成型范围,该曲线即为丝束成型能力特性曲线,体现了滤棒压降与重量的对应关系。丝束成型能力特性曲线受丝束规格、滤棒规格、成型设备及成型工艺条件影响。按照 1.2.1 方法调试滤棒成型机至正常运行状态,当丝束开松良好、滤棒吸阻稳定时,分别成型每个规格醋纤维束的最大棒和最小棒,结果见表 3。由表 3 可知,6 种丝束规格所成型滤棒的压降范围较宽为 2 170~5 880 Pa,可以覆盖当前在用的压降范围,为不同梯度压降滤棒设计提供参考。

丝束单旦是指一根 9 000 m 长未卷曲纤维丝的质量(g),总旦是指一束 9 000 m 长未卷曲纤维丝的质量(g)。根据文献[3]的研究结果,当丝束总旦和滤棒重量不变、单旦变化时,滤棒压降变化趋势和单旦成反相关;当所成型滤棒压降不变时,滤棒重量与醋纤维束总旦的变化趋势一致。由图 1 可

表 3 最大棒及最小棒检测数据

Table 3 Detection data of the maximum rods and the minimum rods

| 丝束规格 | 最大棒 | | 最小棒 | |
|-----------|--|-----------|--|-----------|
| | 重量/ (10 ⁻² g·Cig ⁻¹) | 压降/ Pa | 重量/ (10 ⁻² g·Cig ⁻¹) | 压降/ Pa |
| 3.6Y31000 | 54.2 | 5 460 | 39.1 | 2 910 |
| 3.8Y30000 | 55.9 | 5 880 | 40.8 | 3 100 |
| 5.0Y28000 | 53.4 | 4 160 | 38.2 | 2 170 |
| 5.0Y35000 | 54.8 | 5 020 | 41.3 | 2 450 |
| 5.5Y35000 | 58.6 | 5 120 | 43.4 | 2 690 |
| 6.7Y28000 | 60.1 | 4 460 | 45.2 | 2 410 |

知,当中细支卷烟用醋纤维束的单旦越高、总旦越低,越适合于成型较低压降滤棒。对于相同长度和圆周的中细支滤棒及相同成型条件下,当前烟草行业主要采用的醋纤维束规格适宜成型的压降范围在 3 500 Pa 以上,而 5.0Y28000、5.0Y35000 等规格醋纤维束主要适用于 3 500 Pa 以下压降中细支滤棒。

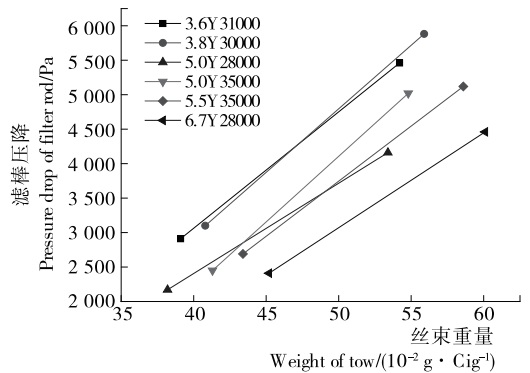


图 1 不同规格醋纤维束特性曲线

Figure 1 The characteristic curves of different specifications of acetate tow

2.2 不同规格醋纤维束滤棒卷烟应用

选取 3 种适用于中细支滤棒的典型规格醋纤维束(5.0Y28000、5.0Y35000、6.7Y28000),制备了不同规格醋纤维束在目标压降下的滤棒及卷烟样品,见表 4。分别检测了卷烟主流烟气、烟碱及滤嘴中的烟碱,并计算了烟碱过滤效果,结果见表 5 和表 6。

表 4 不同规格醋纤维束卷烟样品

Table 4 Cigarettes samples of different specifications of acetate tow

| 样品编号 | 丝束规格 | 接装纸透气度/ CU | 滤棒压降/ Pa |
|------|-----------|------------|----------|
| 1 | | 0 | |
| 2 | | 150 | 2 500 |
| 3 | 5.0Y35000 | 300 | |
| 4 | | 0 | |
| 5 | | 150 | 2 800 |
| 6 | | 300 | |
| 7 | | 0 | |
| 8 | | 150 | 2 800 |
| 9 | 5.0Y28000 | 300 | |
| 10 | | 0 | |
| 11 | | 150 | 2 500 |
| 12 | | 300 | |
| 13 | | 0 | |
| 14 | | 150 | 2 800 |
| 15 | 6.7Y28000 | 300 | |
| 16 | | 0 | |
| 17 | | 150 | 2 500 |
| 18 | | 300 | |

表5 不同规格醋纤丝束卷烟样品主流烟气

Table 5 Mainstream smoke of different tow specifications cigarette

| 样品编号 | 平均重量/ (g · Cig ⁻¹) | 平均吸阻/ Pa | 抽吸口数 | 总粒相物/ (mg · Cig ⁻¹) | 实测水分/ (mg · Cig ⁻¹) | 焦油量/ (mg · Cig ⁻¹) | 烟气烟碱量/ (mg · Cig ⁻¹) | 一氧化碳量/ (mg · Cig ⁻¹) |
|------|-----------------------------------|-------------|------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 2 | 0.814 2 | 1 011 | 6.02 | 14.29 | 1.82 | 11.34 | 1.14 | 10.36 |
| 3 | 0.815 9 | 969 | 6.40 | 13.24 | 1.49 | 10.66 | 1.09 | 9.48 |
| 5 | 0.816 3 | 1 042 | 5.98 | 13.62 | 1.58 | 10.95 | 1.09 | 10.22 |
| 6 | 0.804 4 | 1 031 | 5.93 | 12.97 | 1.47 | 10.45 | 1.05 | 9.89 |
| 8 | 0.818 1 | 1 074 | 6.13 | 13.55 | 1.53 | 10.93 | 1.09 | 10.17 |
| 9 | 0.805 3 | 1 045 | 6.15 | 13.14 | 1.57 | 10.52 | 1.06 | 10.23 |
| 11 | 0.798 6 | 997 | 5.91 | 13.92 | 1.71 | 11.11 | 1.10 | 10.42 |
| 12 | 0.804 1 | 1 019 | 6.13 | 13.88 | 1.86 | 10.92 | 1.11 | 10.03 |
| 14 | 0.818 6 | 1 100 | 5.98 | 13.74 | 1.64 | 11.01 | 1.09 | 10.05 |
| 15 | 0.826 6 | 1 107 | 6.22 | 13.79 | 1.73 | 10.95 | 1.12 | 10.14 |
| 17 | 0.810 6 | 1 037 | 5.99 | 13.89 | 1.74 | 11.06 | 1.10 | 9.94 |
| 18 | 0.812 1 | 1 006 | 6.16 | 13.76 | 1.56 | 11.08 | 1.12 | 9.68 |

表6 滤嘴过滤效率检测结果

Table 6 Filtration efficiency of different tow specifications cigarette

| 样品名称 | 烟支烟碱/ (mg · Cig ⁻¹) | 滤嘴烟碱/ (mg · Cig ⁻¹) | 过滤效率/% |
|------|------------------------------------|------------------------------------|--------|
| 1 | 1.18 | 0.31 | 26 |
| 4 | 1.16 | 0.31 | 27 |
| 7 | 1.09 | 0.27 | 25 |
| 10 | 1.13 | 0.29 | 26 |
| 13 | 1.12 | 0.27 | 24 |
| 16 | 1.19 | 0.26 | 22 |

表5为卷烟样品的主流烟气检测数据,表中样品编号所采用滤棒与表4中相对应。从检测数据中可知,不同规格醋纤丝束在不同压降滤棒情况下,主流烟气各项指标存在显著差异。从焦油释放量的趋势图(图2)中可以知,压降升高后焦油含量显著降低。对于设计目标压降(2 800,2 500 Pa)而言,3种丝束规格所成型滤棒可以达到设计目标。同时,对

于不同透气度而言,接装纸透气度的提高,卷烟焦油释放量显著降低,通过不同规格丝束滤棒与不同透气度接装纸搭配,从而实现卷烟设计目标。通过选择合适的丝束规格,成型为适宜压降滤棒,与不同透气度接装纸搭配,达到目标烟气指标。

表6为卷烟样品主流烟气烟碱过滤效率检测数据,表中样品编号所采用滤棒与表4中相对应。从检测数据(表6)中可看出,不同规格醋纤丝束在不同压降滤棒情况下,主流烟气烟碱过滤效率存在显著差异,表明丝束规格和滤棒压降是影响滤嘴对卷烟烟气过滤效率的重要因素。对于过滤效率而言,醋纤丝束规格的单旦越低,总旦越高,越适用于成型过滤效率的滤棒,为卷烟设计提供了参考。3种丝束规格的烟碱过滤效率为22%~27%(见图3),与正常卷烟过滤效率无显著差异,通过选择适宜丝束及滤棒,可以获得相同的过滤效率。

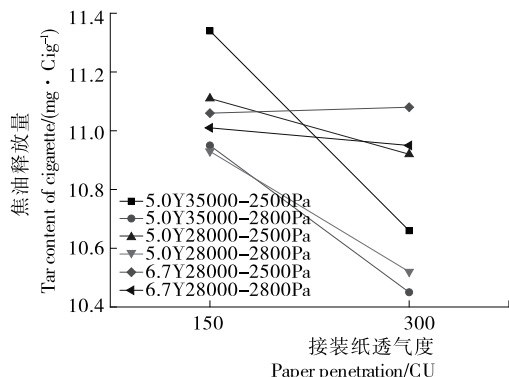


图2 不同规格醋纤丝束特性曲线

Figure 2 The characteristic curves of different specifications of acetate tow

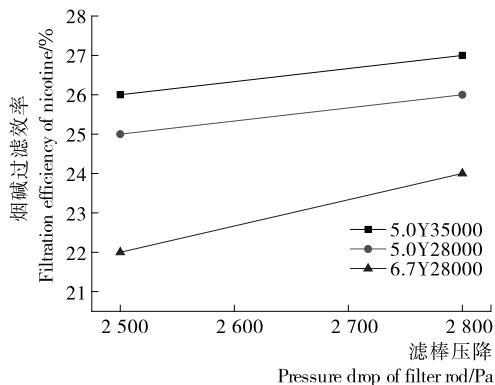


图3 滤嘴过滤效率检测结果

Figure 3 Filtration efficiency of different tow specifications cigarette

3 结论

选取了6种典型中细支卷烟用醋纤丝束规格,其中4种(3.6Y31000,3.8Y30000,5.0Y28000,5.5Y35000,6.7Y28000)

丝束规格尚未在中国应用试验。为考察不同规格醋纤丝束的适宜成型滤棒压降范围,绘制了 6 种醋纤丝束成型能力特性曲线,在此基础上,选取 3 种典型规格醋纤丝束,在其成型能力范围内将不同规格醋纤丝束成型为目标压降中细支滤棒,卷接为中细支卷烟,考察不同规格醋纤中细支滤棒对卷烟主流烟气的过滤效率。结果表明:① 所选取 6 种不同规格醋纤丝束的成型能力特性曲线存在明显差异,可成型滤棒压降范围为 2 170~5 880 Pa,且总趋势为高单旦、低总旦规格醋纤丝束适宜成型低压降中细支滤棒;② 所成型目标压降滤棒烟碱过滤效率为 22.0%~27.0%,同一规格醋纤丝束,随着滤棒压降升高,滤嘴对卷烟主流烟气烟碱的过滤效率随之升高,且总趋势为高单旦、低总旦醋纤丝束更宜于成型低过滤效率中细支滤棒。本试验重点研究了不同规格中细支卷烟用醋纤丝束的成型及过滤能力,填补了其他文献尚未报道的中细支醋纤丝束应用性能研究空白。在实际卷烟产品设计中,可根据本试验结果,选择不同规格丝束成型适宜压降滤棒,达到适宜的主流烟气过滤效率。对于卷烟香气成分的影响,在后续工作中有待进一步的深入研究。

参考文献

[1] 张淑洁, 司祥平, 陈响, 等. 醋酸纤维的性能及应用[J]. 天津工业大学学报, 2015(2): 38-42.

- [2] 常纪恒, 阮晓明, 赵荣, 等. 滤棒物性参数之间的相关关系[J]. 烟草科技, 2003(10): 9-12.
- [3] 刘镇, 林建, 盛培秀. 醋纤滤嘴设计中丝束规格选择的技术研究[J]. 烟草科技, 2001(9): 6-8.
- [4] CHRISTOPHER M. Bundren, products of high denier per filament and low total denier tow bands; USA, 0128964A1US[P]. 2015-05-14.
- [5] 魏玉玲, 徐金和, 廖臻, 等. 卷烟材料多因素对卷烟通风率及过滤效率的影响[J]. 烟草科技, 2008(11): 9-13.
- [6] 戴永生. 用低线密度丝束生产细圆周滤棒研究[J]. 烟草科技, 2002(6): 6-8.
- [7] 常纪恒, 赵荣, 余振华, 等. 滤棒成型工艺参数与质量稳定性的关系[J]. 烟草科技, 2007(1): 5-9.
- [8] 李钰靓, 朱立明, 钱永安, 等. 滤棒防差错监控系统的设计[J]. 食品与机械, 2016, 32(9): 84-87, 182.
- [9] 董丽艳. AF2/KDF2 滤棒成型机组三醋酸甘油酯雾化施加系统改造[J]. 烟草科技, 2011(8): 18-20, 47.
- [10] 魏步建, 李清华, 常纪恒, 等. 滤棒成型工艺参数优化研究[J]. 烟草科技, 2007(10): 14-17.
- [11] 魏瑞广, 张小杭, 廖艳培. KDF2 滤棒成型机设备参数研究[J]. 装备制造技术, 2013(6): 168-170.
- [12] 王海妮. 滤棒成型工艺参数与质量稳定性的相关性[J]. 科技传播, 2012(6): 68.

(上接第 158 页)

- [12] 游瑞云, 黄雅卿, 郑珊瑜, 等. 大孔树脂纯化茶皂素的工艺研究[J]. 应用化工, 2016(1): 64-66, 70.
- [13] 刘红梅, 周新跃, 周建平, 等. 油茶皂素定量分析的研究[J]. 生命科学仪器, 2008, 6(10): 13-16.
- [14] 王延芳. 油茶皂素及其水解产物的分离及降血脂抗氧化活性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012: 57-58.
- [15] 赵丽. 油茶枯中抑菌物质的提取及其抑菌活性研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2015: 25-27.
- [16] 苏鹤, 杨瑞金, 赵伟, 等. 紫薯花色苷的超滤和树脂联用纯化工艺[J]. 食品工业科技, 2016(10): 268-272.
- [17] 孙国金, 叶春林, 余勤. D101 型大孔树脂纯化茶皂素的研究[J]. 食品科技, 2011, 36(3): 206-208.
- [18] 孟维, 李湘洲, 吴志平, 等. AB-8 型大孔吸附树脂分离纯化茶皂素工艺[J]. 食品科技, 2013(9): 213-217.

- [19] 娄嵩, 刘永峰, 白清清, 等. 大孔吸附树脂的吸附机理[J]. 化学进展, 2012(8): 1 427-1 436.
- [20] 欧阳玉祝, 张辞海, 魏燕. 大孔树脂对倍花单宁酸的吸附特性及其动力学模型[J]. 食品科学, 2013(11): 122-125.
- [21] 孙君辉, 孟秀芬. 大孔树脂的应用及其提取纯化中药有效成分的影响因素[J]. 山东商业职业技术学院学报, 2008(6): 94-96.
- [22] 米聪. 紫薯中花色苷的提取纯化及稳定性研究[D]. 厦门: 集美大学, 2014: 36-37.
- [23] 彭青, 李晓刚, 刘亚明. 大孔吸附树脂研究进展[J]. 实用中医药杂志, 2013(5): 409-412.
- [24] 程文娟, 谢海荣, 秦永, 等. 膜分离与大孔树脂联用技术纯化茶皂素[J]. 食品与机械, 2015, 31(4): 172-177.
- [25] 王兰. 茶籽粕中茶皂素的提取及性质表征[D]. 西安: 陕西科技大学, 2012: 3-5.

(上接第 118 页)

- [20] PERINI M A, SIN I N, JARA A M R, et al. Hot water treatments performed in the base of the broccoli stem reduce post-harvest senescence of broccoli (Brassica oleracea, L. Var italic) heads stored at 20 °C[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 77: 314-322.
- [21] 范新光, 肖璐, 张振富, 等. 减压冷藏和气调冷藏对鲜切西兰花保鲜效果的比较分析[J]. 食品科学, 2014, 35(2): 277-281.
- [22] LI Ling, LU Feng-yan, GUO Yan-yin, et al. Respiratory path-

- way metabolism and energy metabolism associated with senescence in postharvest Broccoli (Brassica oleracea, L. var. italica) florets in response to O₂/CO₂, controlled atmospheres[J]. Postharvest Biology & Technology, 2016, 111: 330-336.
- [23] 乔勇进, 王梦晗, 王凯晨, 等. 酵母多糖处理提高樱桃番茄抗冷性的机制分析[J]. 食品科学, 2016, 37(10): 240-245.
- [24] VEIERSKOV B, HANSEN M. Effects of O₂ and CO₂ partial pressure on senescence of oat leaves and broccoli miniflorets[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 1992, 20(2): 153-158.