

徐菲菲,李东亮,田海龙,等. 碳酸钙对烟草薄片品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(12):174-180.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.12.038

碳酸钙对烟草薄片品质的影响

徐菲菲¹, 李东亮², 田海龙³, 李 玲³, 王迅键¹, 陈茂深¹, 李 玥¹, 钟 芳¹

(1. 江南大学食品学院, 江苏无锡 214122; 2. 四川中烟工业有限责任公司技术中心, 四川成都 610066;

3. 山东瑞博斯烟草有限公司, 山东临沂 276400)

摘要:旨在探讨不同碳酸钙添加量对成品烟草薄片的物理强度、燃烧性能、烟气常规及感官品质的影响。通过碳酸钙的反添加试验,制备6种不同碳酸钙含量的烟草薄片,并测定其填充值、片基抗张强度、常规烟气成分和薄片燃烧裂解性能,然后通过感官评定试验对其抽吸品质进行评价。结果表明,随着碳酸钙添加量的增加,留着率从55.6%下降至50.0%以下;烟气水分含量从2.17 mg/支下降到1.36 mg/支;烟草薄片片基抗张强度从1.17 kN/m²下降到0.55 kN/m²;烟草薄片的填充值在碳酸钙添加量为15%时达到最大值,为5.38 cm³/g;总粒相物含量从10.05 mg/支下降到7.56 mg/支,焦油含量从7.53 mg/支下降到6.16 mg/支,一氧化碳含量从17.51 mg/支下降到13.49 mg/支。热重分析结果表明,碳酸钙的加入使烟草薄片热失质量的第2、3阶段失质量百分比下降,第4阶段的失质量百分比上升,灰分增加。感官评吸结果表明,碳酸钙添加量为15%时,评分最高,为79.8分。碳酸钙的添加会降低烟气水分含量,有利于降低主流烟气焦油、一氧化碳含量,但会导致碳酸钙留着率、薄片抗张强度降低。碳酸钙的添加对感官评吸品质中的烟气浓度、细腻程度、香气量产生较大影响,但对于干燥感、刺激性的影响不大。

关键词:烟草薄片;碳酸钙;烟气水分;感官评定

中图分类号: TS426 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)12-0174-07

烟草薄片是利用烟梗、烟末、碎烟片等卷烟生产过程中的废弃物与植物纤维进行重新组合而成的产

品,也称为再造烟叶。根据中国产业信息网发布的《2014—2019年中国肥料市场分析预测及投资战略咨询报告》,我国每年的烟草产量有300多万t,烟草生产过程中有20%~30%的原料为废次烟叶^[1],每年都有巨大产量的废次烟草被当作垃圾抛弃,给环境带来污染的同时,也造成了自然资源的极大浪费^[2]。

目前,造纸法生产烟草薄片主要采用二步法,包括萃取浓缩、打浆抄造、涂布干燥等工序。不同于天然烟叶,由于经过再造工艺,烟草薄片的化学

收稿日期:2019-07-09

基金项目:四川中烟工业有限责任公司“宽窄‘润甜香’品类构建重大专项”(编号:川烟工技[2018]95号);2018年度中国烟草总公司山东省公司科技重点项目(编号:鲁烟科[2018]10号)。

作者简介:徐菲菲(1984—),女,吉林吉林人,硕士,实验师,主要从事烟草化学方面的研究。E-mail: xuff@jiangnan.edu.cn。

通信作者:陈茂深,博士,副教授,主要从事烟草化学方面的研究。Tel: (0510)85197579; E-mail: chenmaoshen@jiangnan.edu.cn。

[16] 彭晓丽,饶景萍,张延龙. 外源水杨酸对“Prato”百合切花瓶插效果的影响[J]. 园艺学报,2007,34(1):189-192.

[17] 黄海泉,樊国盛,郑俊霞,等. 不同保鲜剂对紫罗兰切花的保鲜效果[J]. 南方农业学报,2014,45(4):654-658.

[18] 于震宇,徐雅玲,翟惠玲. 硝酸银及水杨酸对菊花切花的保鲜效应[J]. 中国园艺文摘,2015,31(2):21-22,38.

[19] 张盛旺,王会全,巫华连,等. 不同杀菌剂对唐菖蒲切花的保鲜效果研究[J]. 现代农业科技,2012(12):143-144,152.

[20] 郑鹏丽,周明芹. 硝酸银与6-BA配合处理对康乃馨切花的保鲜效果[J]. 江苏农业科学,2019,47(9):223-226.

[21] 霍 妍,赵春莉,姚思扬,等. 无银保鲜剂对卷丹百合切花的保鲜效果[J]. 湖北农业科学,2017,56(19):3711-3713.

[22] 任 敏,朱红霞,张家洋,等. 无银保鲜剂对香石竹的保鲜效应

[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):271-272.

[23] 杨振德,梁 机. 2种无银保鲜剂对切花菊的保鲜效应[J]. 广西科学,1999,6(2):154-156.

[24] 赵 敏,关丽娥,李丽敏. 无银保鲜剂对百合切花的保鲜效应[J]. 贵州农业科学,2010,38(10):177-179.

[25] 赵 敏,姚建英,孟宪敏,等. 百合切花无银保鲜液筛选及其保鲜效果[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):223-225.

[26] 李会云,马慧丽. 天然脱落酸在月季鲜切花保鲜方面的应用[J]. 河南科技学院学报(自然科学版),2011,39(2):32-37.

[27] 叶 姝,李 凌. 天然脱落酸(S-ABA)在月季切花保鲜上的应用[J]. 现代农业科学,2008(1):31-33,36.

[28] 叶自新. 植物生长激素在切花保鲜上的应用[J]. 中国花卉园艺,2005(18):54-55.

组成和物理结构等都可以实现方便的调节。曾健等研究压榨对烟草薄片片基性能的影响发现,随压榨力的增加(0~4 MPa),烟草薄片片基松厚度从 $2.43\text{ cm}^3/\text{g}$ 下降到 $1.80\text{ cm}^3/\text{g}$ ^[3]。高文花等在薄片涂布工艺中加入流变助剂,发现随着羧甲基纤维素钠(CMC)、阳离子瓜尔胶(CGG)添加量增加,涂布液黏度显著增加,而成品薄片的松厚度、透气度下降^[4]。靖德军等研究涂布率对烟草薄片的影响发现,随着涂布率提高,总糖、还原糖、烟碱、钾和氯含量成比例升高,而填充值则降低^[5]。王建民等研究发现,烤烟烟叶的吸湿含水率、解湿含水率与其总糖含量、还原糖含量、pH 值间呈极显著正相关,与钾含量呈极显著负相关,吸湿含水率与总氮含量呈极显著负相关,解湿含水率与总氮含量呈显著负相关;含水率与其各化学指标的灰色关联度从大到小排序均为总糖含量、还原糖含量、pH 值、氯含量、烟碱含量、总氮含量、钾含量^[6]。关于烟草中钾、氯对平衡含水率的影响,除了含钾、氯盐类的水合吸湿作用外,一般认为氯含量与烟草生长期糖分的积累和转化有关,进而影响平衡含水率^[7]。此外,烟草中的粗纤维含量与平衡含水率呈正相关^[8]。

碳酸钙加入烟草薄片的制造工艺借鉴于造纸工业,其首要目的是降低成本。然而目前关于碳酸钙对烟草薄片品质影响的系统研究还鲜有报道。本研究通过碳酸钙的反添加试验,考察不同碳酸钙添加量对成品烟草薄片填充值、片基抗张强度、常规烟气成分和薄片燃烧裂解性能的影响。再通过对不同碳酸钙添加量的烟草薄片进行感官评吸,综合各个指标,确定合适的碳酸钙添加量,以期为用废次烟草制备烟草薄片过程中的品质提升提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 试验材料 烟草薄片样品,购自山东瑞博斯烟草有限公司及安徽中烟工业有限责任公司;轻质碳酸钙、硝酸(优级纯)、氧化镧异丙醇(分析纯),购自国药集团化学试剂有限公司;壳聚糖,购自浙江金壳药业有限公司;瓜尔胶,购自上海驰为实业有限公司;剑桥滤片,购自德国博瓦特凯希公司;孔径为 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 的有机滤膜,购自上海兴亚净化材料厂。

1.1.2 试验仪器 DHG-9140A 型电热鼓风干燥

箱,产自上海一恒科学仪器有限公司;HYS-B 型恒温水浴摇床,产自常州市金坛精达仪器制造有限公司;PL6-E 型纸张抄造机,产自咸阳泰思特试验设备有限公司;HWS-150 型恒温恒湿培养箱,产自上海森信试验仪器有限公司;XMTA 型马弗炉,产自上海实验仪器总厂;TLQS 型切丝机,产自济南同力科技开发有限公司;DC-KZ300C 型抗张强度测试仪,产自四川长江造纸仪器有限公司;DD60AB 型填充值测定仪、RM200A 型吸烟机,产自德国博瓦特凯希公司,由安徽中烟工业有限责任公司技术中心提供;AA-240 型原子吸收分光光度计,产自美国瓦里安公司;HP6890A/5975C 型气质联用仪,产自美国安捷伦公司;STA449C 型热重分析仪,产自德国耐驰公司。

1.2 试验方法

1.2.1 不同碳酸钙含量烟草薄片的制备 (1)混合浆料的制备条件。将烟梗、烟末、木浆质量比设为 $45:45:10$,打浆浓度(溶液中纤维等固形物的总含量)为 4% ,打浆度为 $(22\pm2)^{\circ}\text{SR}$ 。(2)抄造方法。将轻质碳酸钙配制含量为 10% 的悬浊液,吸取不同体积的悬浊液加入打好浆的浆料中,以使碳酸钙含量分别为总浆料(干基)含量的 10% 、 15% 、 20% 、 25% 、 30% ;以不加碳酸钙的作为空白,加入 1% 壳聚糖、 2% 瓜尔胶作为助剂。调整总浆料用量,使片基定量为 $(60\pm1)\text{ g}/\text{m}^2$ 。(3)涂布。按照工厂生产工艺以 37% 的涂布率先进行切丝,再将涂布液稀释,均匀喷洒在丝状纸基表面。涂布后,于 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘至水分含量为 12% 。

1.2.2 烟草薄片片基及成品薄片钙含量的测定

总钙含量的测定参照 YC/T 174—2003《烟草及烟草制品 钙的测定 原子吸收法》;游离钙离子含量的测定参考文献[9];碳酸钙含量的测定参考文献[10],并作如下修改:以总钙含量减去游离钙含量表示碳酸钙含量,总钙含量与游离钙含量均用原子吸收法测定。结合测定结果,以总钙含量近似计算得到碳酸钙含量。

1.2.3 烟草薄片碳酸钙留着率的测定 按照以下公式计算烟草薄片中的碳酸钙留着率:

碳酸钙留着率 = (实际碳酸钙含量 - 空白碳酸钙含量) / 实际碳酸钙含量 $\times 100\%$ 。(1)

1.2.4 烟草薄片单料烟的卷制 将具有不同碳酸钙添加量的成品烟草薄片于温度 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 65% 的条件下平衡 48 h ,用打烟器将其卷制为每支

质量为 0.95 g 的薄片单料烟。于温度 25 ℃、相对湿度 65% 的条件下平衡,待测。

1.2.5 烟草薄片单料烟烟气水分含量的测定 具体参照 GB/T 23203.1—2013《卷烟 总粒相物中水分的测定 第 1 部分:气相色谱法》。

1.2.6 烟草薄片填充值的测定 具体参照 YC/T 152—2001《卷烟 烟丝填充值的测定》。

1.2.7 烟草薄片抗张强度的测定 具体参照 GB/T 12914—2008《纸和纸板 抗张强度的测定》。

1.2.8 烟草薄片烟气中焦油、一氧化碳、烟碱含量与抽吸口数的测定 具体参照 GB/T 19609—2004《卷烟 用常规分析用吸烟机测定总粒相物和焦油》、YC/T 30—1996《卷烟 烟气气相中一氧化碳的测定 非散射红外法》和 YC/T 156—2001《卷烟 总粒相物中盐碱的测定 气相色谱法》。

1.2.9 烟草薄片热失质量行为的测定 使用热重分析仪对烟草薄片的热失质量行为进行测定。称取 20 mg 样品粉末放于坩埚中,从 20 ℃ 开始,以 20 ℃/min 的升温速率升温至 900 ℃,以体积比为 9:1 的氮气、氧气作为裂解气氛,混合气体流速为 100 mL/min。

1.2.10 烟草薄片单料烟的感官评吸 参照 YC/T 498—2014《再造烟叶(造纸法)感官评价方法》,评价指标为香气质、香气量、混浊、烟气浓度、细腻度、木质气、其他杂气、刺激、灼烧、纯净度、舒适度和干燥感。邀请 10 位评价员对每项感官指标进行打分,以 0.5 分为计算单位,单项满分为 10 分,总分为 120 分。

2 结果与分析

2.1 碳酸钙添加量对留着率的影响

如表 1 所示,随着碳酸钙添加量的增加,碳酸钙的留着率有降低的趋势;添加量超过 20% 后,碳酸钙的留着率下降至 50% 以下。因此,从节约成本的角度考虑,碳酸钙添加量不可过高。整体上看,碳酸钙的留着率较低,在 44% 与 56% 之间,这与本研究中使用轻质碳酸钙有关,因为轻质碳酸钙粒径小,在抄造时流失得较多。目前,已有研究报道采用重质碳酸钙可以提高留着率^[11],另外,抄造后白水未回收利用也会使留着率较低。

2.2 碳酸钙添加量对烟草薄片单料烟烟气水分含量和单口烟气水分含量的影响

烟气水分含量对感官抽吸品质有重要影响^[12-13]。如图 1 所示,随碳酸钙添加量的增加,烟

表 1 烟草薄片单料烟中碳酸钙留着率的测定结果

碳酸钙添加量 (%)	碳酸钙留着率 (%)
10	55.6
15	55.0
20	50.1
25	46.3
30	44.0

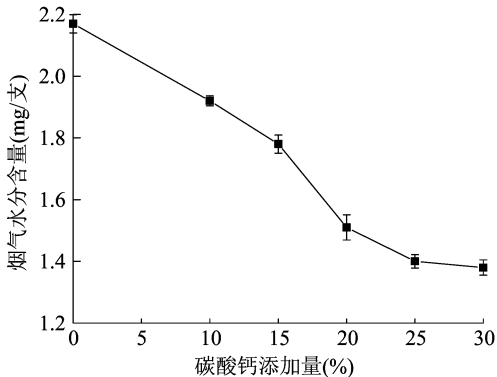


图1 碳酸钙添加量对烟气水分含量的影响

草薄片主流烟气中的水分含量明显降低。主流烟气水分主要来源于 3 个部分:卷烟燃烧时低温区水分的蒸发;单糖、纤维素及果胶等在较高温度时的裂解;高温区残炭物质的燃烧^[14]。添加碳酸钙可以通过对这 3 个阶段的影响来改变主流烟气水分含量。碳酸钙的添加取代了纤维素等有机物,使得第 2、3 阶段中有机物裂解、燃烧产生的水分含量也有一定程度的降低。

单口烟气水分是吸烟者可以直接感受到的烟气水分,由图 2 可见,随着碳酸钙添加量的增加,单口烟气的水分含量也明显降低;当碳酸钙添加量超过 15% 以后,每口烟气中水分含量的降低幅度超过了 11%,这可能会增加抽吸时烟气的干燥感,不利于抽吸品质的提升。

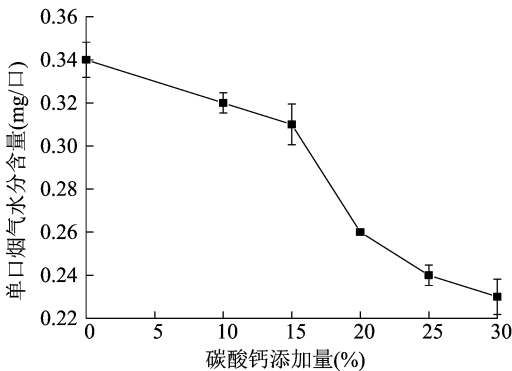


图2 碳酸钙添加量对单口烟气水分含量的影响

2.3 碳酸钙添加量对烟草薄片抗张强度的影响

薄片的抗张强度是评价薄片质量的重要指标,为了满足连续化生产的需求,薄片需要具备一定的强度。对于成品薄片而言,为了减少造碎,也需要具备一定强度,从而提升其可用性^[15]。由图 3 可见,随着碳酸钙添加量的增加,烟草薄片片基的抗张强度明显降低。影响烟草薄片抗张强度的因素很多,其中最重要的是纤维间的交织情况。在烟草薄片生产过程中,为了避免烟梗和烟末纤维含量低、纤维短小的缺点,一般加入木浆纤维以增加强度^[16]。抄造时加入碳酸钙后,由于碳酸钙留着于纤维之间和片基表面,纤维间的距离被拉大,相互间的作用力减弱,因此抗张强度有所下降^[17]。

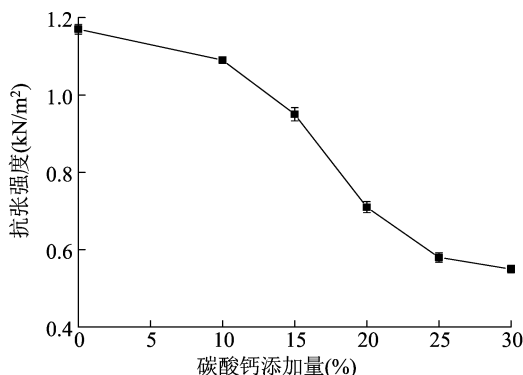


图3 碳酸钙添加量对烟草薄片片基抗张强度的影响

2.4 碳酸钙添加量对烟草薄片填充值的影响

填充值是评价烟丝及烟草薄片丝质量的重要指标。足够的填充值可以降低单支烟的质量,减少烟草原料的用量,从而降低成本^[18]。填充值大的烟丝、梗丝、薄片有利于降低可燃物质量,通风稀释烟气,最终达到减焦降害的目的。由图 4 可见,随着碳酸钙添加量的增加,烟草薄片填充值整体表现为先升高后降低的趋势,当碳酸钙添加量为 15% 时,填充值最大;随着碳酸钙添加量的增加,纤维间的距离拉大,所得烟草薄片的松厚度增加,但与此同时,片基的抗张强度降低,在涂布过程中容易断裂破碎,而烟丝长度的降低不利于填充值的提升^[19]。由此可见,碳酸钙添加量达 20% 及以上时,成品烟草薄片填充值迅速下降。从提高填充值的角度考虑,最优的碳酸钙添加量为 15%。

2.5 碳酸钙添加量对薄片单料烟烟气焦油含量、一氧化碳含量、烟碱含量的影响

卷烟烟气中的总粒相物、焦油、烟碱、一氧化碳含量是评价卷烟危害性的主要指标。如图 5 所示,随着碳酸钙添加量的增加,薄片单料烟烟气中的总

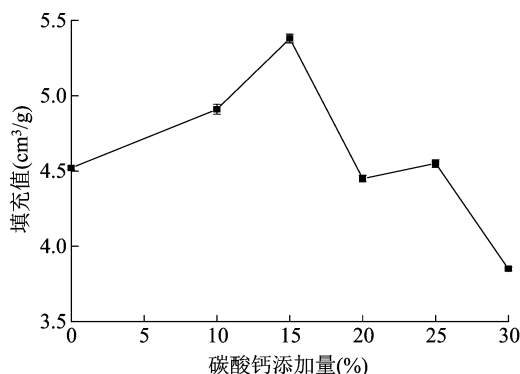


图4 碳酸钙添加量对成品烟草薄片填充值的影响

粒相物、焦油、一氧化碳含量均有所降低。总粒相物仅占主流烟气的 4.5%,去除烟气中的烟碱和水后即得焦油,它是烟草中有机物在缺氧条件下不完全燃烧的产物^[20]。焦油中含有多种致癌和辅助致癌成分,对健康有较大危害,同时,焦油、总粒相物又是卷烟吸味的主要来源^[21]。因此,如何在降低焦油含量的同时保持卷烟抽吸品质的可接受性成为烟草行业长期面临的挑战^[22]。

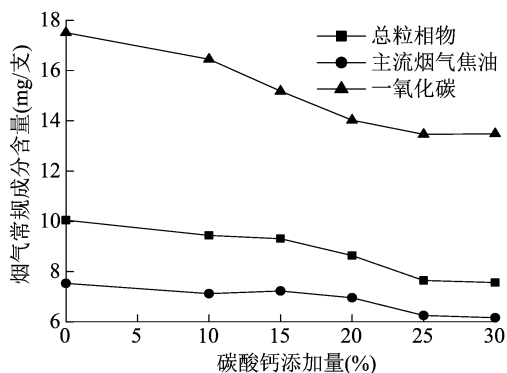


图5 碳酸钙添加量对烟草薄片烟气成分的影响

碳酸钙加入烟草薄片后,一方面取代了有机物,使得可燃物总量减少,抽吸口数降低(图 6),从而使其产物焦油减少;另一方面,碳酸钙添加使烟草薄片松厚度、填充值提高,可以使烟草薄片燃烧得更加完全,从而减少焦油的产生。碳酸钙的类似作用在与卷烟纸透气度相关的研究中也有报道。此外,有学者采用热重-红外联用技术(TG-FTIR)研究氧化钙催化生物质裂解的行为,发现氧化钙的加入可使甲苯、苯酚、甲酸等焦油成分的红外吸收峰向高温区移动,使其生成反应不易进行;氧化钙还可以通过催化次级反应而使焦油转化为残炭物质,进而降低焦油含量^[23]。由此可见,高温区碳酸钙裂解产生的氧化钙可能同样表现出降低焦油含量的作用。

烟碱是卷烟劲头的主要来源,同时也是吸烟成

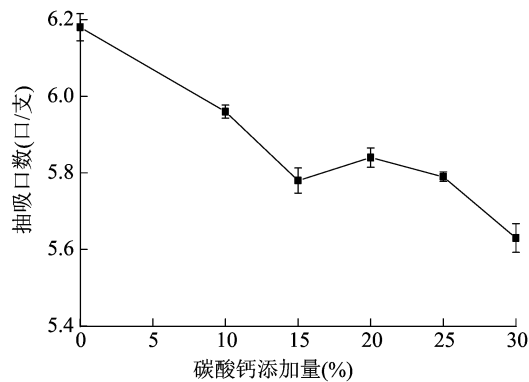


图6 碳酸钙添加量对抽吸口数的影响

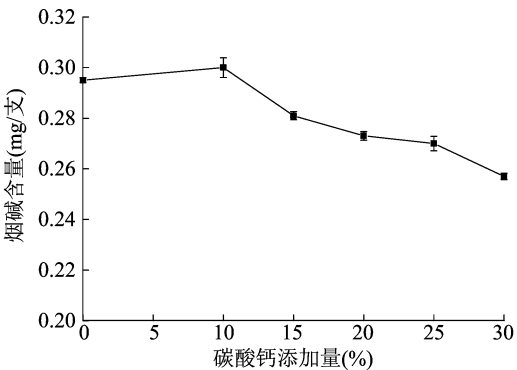


图7 碳酸钙添加量对烟草薄片烟气烟碱含量的影响

瘾的主要原因。适量的烟碱可以产生适当的生理强度,带来好的香气与吃味。烟碱含量过低则吃味平淡,劲头小;含量过高又会使刺激性增强,产生辛辣味^[24]。如图 7 所示,当碳酸钙添加量为 10% 时,烟草薄片烟气中的烟碱含量有小幅度的升高,而后降低。碳酸钙的加入可以使烟草薄片的 pH 值增大,从而使烟草薄片中的烟碱更容易转移至烟气中,这可能是低添加量的碳酸钙使烟气烟碱含量增加的原因。当碳酸钙含量继续增加时,其对烟气的发散作用增大,从而使进入主流烟气的烟碱含量降低。

烟碱含量的降低可能带来抽吸劲头下降,满足感降低。但有研究发现,随着碳酸盐添加量的增

加,虽然烟气烟碱含量降低,但是游离烟碱含量却升高,使得劲头增大^[25]。这是由于碳酸盐使烟草叶片 pH 值升高,随后造成烟气 pH 值升高,更多烟碱转化为游离态^[26]。由此可见,关于碳酸钙对烟草薄片烟气劲头的影响还有待进一步研究。

2.6 碳酸钙对烟草薄片热失质量行为的影响

烟草薄片的烟气特性和感官属性与其燃烧、裂解特性密切相关。空白烟草薄片的 TG - DTG (热重 - 热重一阶导数) 曲线如图 8 所示,各样品的失质量峰值温度 (T_p)、失质量百分比 (Δ_m) 及最大失质量速率 (R_m) 见表 2。

表 2 不同碳酸钙添加量烟草薄片的热失质量参数

碳酸钙添加量 (%)	第 1 阶段			第 2 阶段			第 3 阶段			第 4 阶段			残余质量 (%)
	T_{p1} (°C)	Δ_{m1} (%)	R_{m1} (%/min)	T_{p2} (°C)	Δ_{m2} (%)	R_{m2} (%/min)	T_{p3} (°C)	Δ_{m3} (%)	R_{m3} (%/min)	T_{p4} (°C)	Δ_{m4} (%)	R_{m4} (%/min)	
0	77.33	-7.30	-1.85	279.84	-49.10	-13.10	380.15	-31.60	-6.43	670.48	-3.36	-0.63	8.58
10	77.41	-7.27	-1.84	280.03	-48.54	-12.90	381.47	-30.70	-6.24	672.26	-3.83	-1.12	9.62
15	76.87	-7.20	-1.82	280.95	-47.78	-12.80	381.97	-30.12	-6.17	674.89	-4.94	-1.42	9.98
20	77.25	-7.23	-1.83	281.76	-46.84	-12.73	382.02	-29.37	-6.01	678.21	-5.67	-1.68	10.93
25	76.62	-7.18	-1.82	282.14	-45.64	-12.21	382.43	-28.51	-5.80	682.48	-6.53	-2.30	12.14
30	77.10	-7.24	-1.82	282.47	-45.82	-12.14	382.82	-27.49	-5.71	686.75	-6.72	-2.44	12.72

注: T_p 为失质量峰峰值温度, Δ_m 为失质量百分比, R_m 为最大失质量速率。

由图 8 中的 TG、DTG 曲线可知,烟草薄片的热失质量分为 4 个阶段:(1)20 ~ 130 °C 阶段,主要是样品中水分的散失及小分子易挥发物的挥发。(2)130 ~ 350 °C 阶段,失质量率为 49.1%,由 171 °C 左右的肩峰和 280 °C 左右的主失质量峰组成。其中,171 °C 的肩峰主要是葡萄糖、果糖的初步裂解,280 °C 的主失质量峰由纤维素、半纤维素、果胶、木质素等大分子物质裂解形成,葡萄糖、果糖的二次裂解也有一定贡献^[27]。半纤维素、果胶相比于纤维

素具有明显的无定型结构、易发生热裂解等特点,一般在 200 °C 就开始分解,并且其分解温度范围较窄,在纤维素、木质素分解的初始阶段,大部分半纤维素、果胶已分解。木质素则较难降解,并且其分解温度范围宽,残留质量大^[28]。(3)350 ~ 540 °C 阶段,峰值温度为 380.15 °C,失质量率为 31.6%,主要为第 2 阶段裂解产物的氧化燃烧^[29]。(4)540 °C 以上阶段,为结炭过程^[30],在烟草薄片样品中主要体现为碳酸钙的分解失质量。

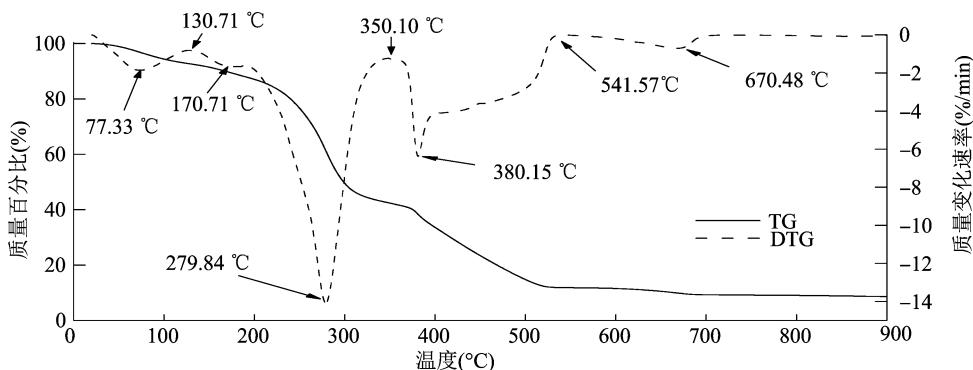


图8 烟草薄片 TG 和 DTG 曲线

如表 2 所示,碳酸钙的加入主要影响热失质量的第 2、3、4 阶段,对第 1 阶段挥发物的挥发影响较小。随着碳酸钙添加量的增加,第 2、3 阶段的失质量率有下降趋势,这主要是因为碳酸钙的添加取代了可燃的有机物,使得可燃物总量减少,裂解、燃烧量减少,这与烟气抽吸口数的下降及焦油、一氧化碳含量下降一致。值得注意的是,可燃性有机物裂解燃烧量的减少,同样会使由此产生的水分减少,从而在一定程度上降低烟气的水分含量。碳酸钙的添加对峰值温度的影响有限,说明其对有机物燃烧状态的影响较小。随着碳酸钙添加量的增加,第 4 阶段失质量率和失质

量速率明显上升,这与更多碳酸钙的分解有关。

2.7 碳酸钙对烟草薄片感官抽吸品质的影响

由表 3 可知,当碳酸钙添加量为 15% 时,烟草薄片单料烟抽吸的感官品质最好,与碳酸钙添加量为 0 相比,评吸总分提高了 5.8 分;当碳酸钙添加量较低时,碳酸钙明显提高了烟气的细腻程度、烟气浓度、香气量的评分,对木质气也有一定的改善。对刺激性的研究可以发现,在碳酸钙添加量为 25% 和 30% 时,评分较高,但同时香气量、烟气浓度评分下降明显,说明其对刺激性的改善可能来源于有利、不利烟气成分的共同减少。

表 3 碳酸钙对烟草薄片单料烟感官评吸品质的影响

碳酸钙添加量 (%)	香气评分(分)			烟气评分(分)		杂气评分(分)		刺激评分(分)		吸味评分(分)			总分(分)
	香气质	香气量	混浊度	烟气浓度	细腻程度	木质气	其他杂气	刺激	灼烧	纯净度	舒适度	干燥感	
0	6.2	6.3	6.1	5.9	6.1	5.7	5.8	6.3	6.2	6.2	6.3	6.8	74.0
10	6.4	6.8	6.3	6.6	6.8	6.1	5.8	6.4	6.5	5.8	6.3	6.8	76.3
15	6.8	6.7	6.5	7.1	7.2	6.7	6.0	6.4	6.3	6.7	6.8	6.8	79.8
20	6.0	6.2	6.3	6.1	6.3	6.8	5.9	6.3	6.2	5.8	6.4	6.4	74.6
25	5.9	5.9	6.0	5.7	5.6	5.9	5.9	7.2	7.0	5.6	6.6	6.3	73.4
30	5.9	5.2	5.9	5.1	5.4	6.0	5.7	7.2	7.4	5.5	6.5	6.5	72.3

由感官评吸结果可知,调整碳酸钙添加量对烟气品质的提升效果有限,因此有必要同时采取降低刺激性的措施,多效联合,共同提升烟草薄片的整体品质。

3 讨论与结论

随着碳酸钙添加量的增加,烟气的水分含量明显降低,当碳酸钙添加量超过 15% 时,不利于降低干燥感。碳酸钙在烟草薄片中的留着率随着其添加量的增加而降低,烟草薄片的抗张强度也随碳酸钙添加量的增加而明显降低,但从节约原料、保证强度、增加填充值方面考虑,碳酸钙的添加量不应过多。随着碳酸钙添加量的增加,主流烟气总粒相

物、焦油、一氧化碳、烟碱含量发生不同程度的降低。碳酸钙的加入主要对烟草薄片热失质量的第 4 阶段产生影响。由于碳酸钙分解吸热,随着碳酸钙添加量的增加,分解所需热量增加,热量在样品内的传导也受到一定限制,所以失质量峰值温度向高温区移动。考察残留质量可以发现,随着碳酸钙用量的增加,烟草薄片燃烧所得残渣增多,这一方面是由于灰分的增加。另一方面,在生物质裂解燃烧时,钙或氧化钙的加入使得焦油含量降低的同时,增加了残炭物^[31]。Piskorz 等认为,碱性阳离子会封闭纤维素、半纤维素的自由端,从而阻止焦油产生,促进残炭物生成^[32]。Han 等研究发现,氧化钙可以促进焦油向残炭物的转变^[23]。本研究发现,随着碳

酸钙添加量的增加,最大热失质量速率及失质量率上升,灰分及残炭物增加。

在各个感官评吸指标中,碳酸钙的添加对烟气浓度、细腻程度、香气量产生较大影响;对干燥感、刺激性的影响不大。因此,在本研究的基础上,还需要进一步探寻改善烟草薄片的干燥感、降低刺激性的方法和措施。

致谢:安徽中烟工业有限责任公司技术中心以及感官评吸专家组的各位评价员对本研究给予了帮助,谨致谢意!

参考文献:

- [1]吕进,张军,尹艳山. 低温等离子体改性烟草焦脱除烟气中汞的实验研究[J]. 化工进展,2016,35(10):3350-3355.
- [2]张献忠,钟烈洲,黄海智,等. 大孔树脂纯化废次烟叶中烟草多酚的工艺[J]. 化工进展,2012,31(12):2626-2631.
- [3]曾健,陈克复,谢剑平,等. 压榨对烟草薄片纸基性能的影响[J]. 林产化学与工业,2012,32(4):10-14.
- [4]高文花,陈克复,杨仁党,等. 添加流变助剂的烟草薄片性能[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2014,42(10):95-101.
- [5]靖德军,邓志斌,刘刚,等. 涂布率对干法再造烟叶品质的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(1):149-153.
- [6]王建民,韩明,张相辉,等. 烤烟化学指标和平衡含水率间的关系[J]. 烟草科技,2011(2):43-46.
- [7]张槐苓,葛翠英,穆怀静. 烟草分析与检验[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1994:35-42.
- [8]Gao W H, Chen K F, Yang R D, et al. Properties of bacterial cellulose and its influence on the physical properties of paper[J]. BioResources,2011,6(1):144-153.
- [9]汤建国,伊奥尔,黄燕南,等. 一种再造烟叶中碳酸钙含量的测定方法:CN102901791A[P]. 2013-01-30.
- [10]黄燕南. 四种造纸法再造烟叶质量特性剖析[D]. 昆明:昆明理工大学,2013:46.
- [11]孙德平,王亮,王凤兰,等. 重质碳酸钙在造纸法烟草薄片基片生产中的应用[J]. 中华纸业,2010,31(24):54-58.
- [12]马营,徐静,马起云,等. 总粒相物含水率、烟丝含水率、感官质量的关系[J]. 食品工业,2013,34(7):73-77.
- [13]徐安传,胡巍耀,段俊杰,等. 烟叶内含糖类和多酚类组分对其主流烟气水分的影响[J]. 食品工业,2013,34(1):46-48.
- [14]殷春燕. 乳酸钾改善卷烟保润性能及烟气品质的研究[D]. 无锡:江南大学,2014:35-44.
- [15]安瑞. 降低烟草薄片有害物质前体成分的研究[D]. 武汉:湖北工业大学,2012:52-54.
- [16]李晓,徐亮,张彩云,等. 木浆纤维加入量对造纸法再造烟

- 叶物理指标的影响[J]. 郑州轻工业学院学报(自然科学版),2009,24(2):8-9,20.
- [17]曾健,陈克复,谢剑平,等. 碳酸钙对造纸法再造烟叶片基的影响[J]. 烟草科技,2013(10):5-7,16.
- [18]黄幼斌,谢忱. 改进工艺技术提高烟丝填充值[J]. 企业科技与发展,2012(24):19-21.
- [19]王晓园,张云龙,林瑜,等. 造纸法再造烟叶丝长对填充值的影响[J]. 纸和造纸,2016,35(4):21-23.
- [20]Eldridge A, Betson T R, Gama M V, et al. Variation in tobacco and mainstream smoke toxicant yields from selected commercial cigarette products[J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2015, 71(3):409-427.
- [21]宋文静,彭耀东,石红雁,等. 江西烤烟烟叶化学成分与焦油释放量的关系[J]. 江苏农业科学,2019,47(8):205-208.
- [22]Abdallah F. 卷烟产品开发[M]. 缪明明,译. 昆明:云南科技出版社,2004:110-112.
- [23]Han L, Wang Q H, Ma Q, et al. Influence of CaO additives on wheat-straw pyrolysis as determined by TG-FTIR analysis[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2010, 88(2):199-206.
- [24]Goldenson, N I, Kirkpatrick M G, Barrington-Trimis, J L, et al. Effects of sweet flavorings and nicotine on the appeal and sensory properties of e-cigarettes among young adult vapers; application of a novel methodology[J]. Drug and Alcohol Dependence, 2016(168):176-180.
- [25]彭斌,金征宇,翁昔阳,等. 碳酸钾对卷烟主流烟气焦油、烟碱、游离烟碱、pH值及劲头的影响[J]. 烟草科技,2007(7):8-10.
- [26]蒋历辉,张敏,孙凯健,等. 烘丝过程中碳酸钾对烟草香味成分含量的影响[J]. 烟草科技,2014(11):33-39.
- [27]陈茂深. 针叶木浆纤维对再造烟叶主流烟气中挥发性羰基化合物的影响机制研究[D]. 无锡:江南大学,2015:46-47.
- [28]Yang H, Yan R, Chen H, et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis[J]. Fuel, 2007, 86(12/13):1781-1788.
- [29]Basilakis R, Carangelo R M, Wójtowicz M A. TG-FTIR analysis of biomass pyrolysis[J]. Fuel & Energy Abstracts, 2002, 43(4):280-287.
- [30]Hajaligol M, Waymack B, Kellogg D. Formation of aromatic hydrocarbons from pyrolysis of carbohydrates[J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 1999(44):251-255.
- [31]谭洪,王树荣,骆仲决,等. 金属盐对生物质热解特性影响试验研究[J]. 工程热物理学报, 2005, 26(5):742-744.
- [32]Piskorz J, Radlein D S, Scott D S, et al. Pretreatment of wood and cellulose for production of sugars by fast pyrolysis[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 1989, 16(2):127-142.