

正交试验法优化改性黄麻纤维茶叶泡袋纸 制备工艺及安全性评价

李彭勃^{1,2}, 农光再^{1,2}, 李怡静^{1,2}, 邢德月^{1,2}

(1. 广西大学 轻工与食品工程学院, 南宁 530004;
2. 广西清洁化制浆造纸与污染控制重点实验室, 南宁 530004)

摘要: **目的** 以黄麻纤维为原料, 制备高透气度茶叶泡袋纸。**方法** 通过机械打浆处理和 NaOH/尿素/ZnO 水溶液改性处理, 探索最佳打浆度和改性体系的最佳配比, 对茶叶泡袋纸干抗张强度、湿抗张强度、撕裂度、透气度、厚度和紧度等进行测定, 并对茶叶泡袋纸进行初步应用和安全评价。**结果** 打浆度在 45~70 °SR 之间的黄麻纤维均可制备性能良好的茶叶泡袋纸; 当黄麻质量(绝干)为 10 g, 改性体系体积为 500 mL 时, NaOH、尿素、ZnO 的最佳质量分数配比为 6%:10%:0.4%, 该条件下滤纸的透气度为 3868.9 $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$, 抗张强度为 0.60 kN/m。**结论** 改性茶叶泡袋纸的热浸泡效果优于未改性茶叶泡袋纸。热浸出物检测结果显示, 重金属指标和感官指标均符合国标规定的生活饮用水要求, 采用黄麻制备茶叶泡袋纸可行。

关键词: 改性黄麻纤维; 茶叶袋泡茶纸; 安全性评价

中图分类号: TS761.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)07-0088-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.07.013

Preparation Process of Modified Jute Fiber Tea Bag Paper Optimized by Orthogonal Experiment and Its Safety Evaluation

LI Peng-bo^{1,2}, NONG Guang-zai^{1,2}, LI Yi-jing^{1,2}, XING De-yue^{1,2}

(1. College of Light Industrial and Food Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China;
2. Guangxi Key Laboratory of Clean Pulp & Papermaking and Pollution Control, Nanning 530004, China)

ABSTRACT: The paper aims to prepare tea bag paper of high air permeability from jute fiber. The optimum mixing ratio of modified system and the best pulping degree were explored by mechanical pulping and modification treatment of NaOH/Urea/ZnO aqueous solution. The changes of dry tensile strength, wet tensile strength, tear strength, air permeability, thickness and tightness of tea bag paper were measured. The tea bag paper also was made a preliminary application and safety evaluation. Tea bag paper with good performance can be prepared from jute fiber between 45~70 °SR. The optimum ratio of the NaOH/Urea/ZnO m was 6% : 10% : 0.4%. The quality of jute (absolute dry) was 10 g, and the volume of the modified system was 500 mL. Under this condition, the permeability of filter paper was 3868.9 $\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$, the tensile strength was 0.60 kN/m. After modification, the hot soak effect of tea bag paper is better than that of unmodified bag paper. The thermal extract test of tea bag paper results show that heavy metals index and sensory indexes accord with the

收稿日期: 2018-06-20

基金项目: 广西创新驱动发展专项资金项目(桂科 AA17204067)

作者简介: 李彭勃(1992—), 男, 广西大学硕士生, 主攻环保型包装材料。

通信作者: 农光再(1967—), 男, 广西大学研究员, 主要研究方向为制浆造纸黑液资源化利用。

requirement of national standard regulations of drinking water. It is feasible to prepare tea bag paper from jute.

KEY WORDS: modified jute fiber; tea bag paper; safety evaluation

茶叶泡袋纸又叫茶叶滤纸,是一种低定量的特种纸,具有纸质均匀整洁、结构疏松多孔、透气度高及机械强度高等特点^[1-2]。目前,生产茶叶泡袋纸的原料多为木纤维、聚丙烯纤维和尼龙纤维等。木材生长周期长,长期砍伐将会造成水土流失;聚丙烯和尼龙属于合成高分子材料,生产成本较高且不易降解^[3-4];天然纤维素是世界上最丰富的自然资源。黄麻纤维属于天然纤维的一种,其来源广泛、生长周期短,且可降解、可再生^[5-7]。黄麻纤维长而坚硬,制备的纸张不均匀且透气度低,这限制了黄麻纤维在茶叶泡袋纸上的应用。综上可知,文中拟通过机械打浆处理和 NaOH/尿素/ZnO 水溶液体系处理对黄麻纤维进行改性,以期提高茶叶泡袋纸的透气度。同时保持茶叶泡袋纸良好的力学性能,以期对高透气度纸张的生产提供理论参考。

1 试验

1.1 材料

试验原料主要有黄麻纤维,由肥城市汶阳油麻加工厂提供。药品试剂主要有 NaOH、尿素和 ZnO,均为分析纯,购于天津市致远化工有限公司;蒸馏水,由广西大学轻工与食品工程学院提供。

1.2 仪器设备

主要仪器设备有 PHS-2C 型 pH 计,上海双旭电子有限公司;A-5003B 型电子天平,上海精天电子仪器有限公司;IMT-PFI01 型立式打浆机,英特耐森精密仪器有限公司;IMT-SJ01 型标准型纤维疏解器,英特耐森精密仪器有限公司;IMT-CP02A 型圆形纸页抄片机,英特耐森精密仪器有限公司;N800 型纸张透气度测定仪,广州标际包装设备有限公司;IMT-202F 型拉伸强度测定仪,英特耐森精密仪器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 黄麻纤维的打浆处理

称取 20 g 黄麻浆(绝干)置于 1000 mL 的烧杯中,向烧杯中加入蒸馏水,同时用玻璃棒搅拌,使浆料分散均匀,浆的质量分数为 10%左右,静置 30 min。静置完成后,将制备好的黄麻浆均匀地贴附在打浆机的侧壁,启动 PFI 打浆机,设定每次打浆转数为 5000,通过打浆次数来控制黄麻纤维的打浆度。待打浆完毕后,取出浆料,挤出多余的水分,将浆料撕成米粒大小的碎片置于聚乙烯袋中,平衡水分备用。

1.3.2 黄麻纤维的 NaOH/尿素/ZnO 水溶液改性处理

NaOH/尿素体系呈强碱性,在碱性条件下,黄麻纤维充分润胀,结晶区间的半纤维素、树脂和色素等都能较好地溶解,进而除去^[8]。低温条件下,ZnO 的加入能够增强 NaOH/尿素体系对纤维的溶解能力,减弱纤维间的氢键作用力,进而增大所成纸张的孔隙率,因此该体系可以提高纸张的透气度^[9]。

开展 NaOH/尿素/ZnO 水溶液体系的三因素四水平试验之前,在前人研究的基础上,试验取 NaOH 和尿素的质量分数范围均为 4%~10%,ZnO 的质量分数范围为 0~0.6%^[10-12]。

根据改性体系配比的不同,称取一定量的 NaOH、尿素、ZnO 和蒸馏水置于烧杯中,配成 500 mL 的溶液,将烧杯放入冰箱,预冷至 -5 ℃。预冷结束后,取出烧杯置于室温环境中,称取 10 g(绝干)经打浆处理的黄麻纤维,迅速放入预冷溶液中,用玻璃棒搅拌 5 min。待搅拌完毕后,将烧杯放入 -5 ℃ 的温度中静置处理 30 min。静置完毕后,充分洗涤黄麻纤维,保存于聚乙烯密封袋中,置于 0 ℃ 的冰箱温度中平衡水分备用。

1.3.3 纸张的抄片

按照设定要求称取一定质量的浆料,放入标准纤维疏解机中,加入 2000 mL 的水进行疏解,疏解时间为 2 min,疏解机转速为 2500 r/min,经水稀释后转入圆形纸页抄片机抄片,纸样再经压榨、烘干制成干燥纸样。

1.3.4 纸张性能的测定

按照 GB/T 10739—2002 对纸张进行处理;按照 GB/T 18374—2001 测定纸张的干抗张强度;按 GB/T 465.2—2008 测定纸张的湿抗张强度;按照 GB 455—2002 测定纸张的撕裂强度;按照 GB/T 22819—2008 测定纸张的透气度;按照 GB/T 451.3—2002 测定纸张的厚度和紧度。

1.3.5 袋泡茶的制作及热浸泡

取 1 张抄造的滤纸,裁剪成 100 mm×150 mm 大小的长方形,作为试样。首先,以 2 条宽边的中点连线为折痕,将试样对折,尺寸为 50 mm×150 mm。然后,将折痕边的对边按同一方向连续折叠 2 次,每次折叠 5 mm。接着,使折叠边朝内,以 2 条长边的中点连线为折痕进行对折。取 2 g 茉莉花茶放入未封口的茶叶泡袋中,然后将纸袋开口端向内折叠 10 mm,用订书机封口,完成袋泡茶的制作。将制作好的袋泡茶放入盛有 200 mL 沸水的茶杯中浸泡 10 min,观察水的颜色变化并作记录。

1.3.6 待测水样的制备

取3个1000 mL的空烧杯,分别编号1[#],2[#],3[#],分别向3个烧杯加入500 mL温度为100℃的自来水。1[#]作为对照组,不作处理;2[#]和3[#]作为试验组,各自放入自制的茶叶泡袋(不装入茶叶),分别浸泡7 min和14 min。浸泡完毕后,收集3个烧杯中的水,将其分别编号,作为待测水样。

1.3.7 茶叶泡袋纸热浸出物的检测与分析

改性过程中的改性剂NaOH、尿素、ZnO及黄麻蒸煮过程中产生的重金属均有可能残留在纸浆上,随后在茶叶泡袋纸的浸泡过程中可能迁移到水中,因此检测茶叶泡袋纸热浸泡液中改性剂和重金属的含量是必不可少的步骤,也是决定茶叶泡袋纸能否作为食品级滤纸的决定因素。文中按照GB/T 5750.6—2006^[13]中的检测方法对待测水样进行锌、砷、汞、镉、铅和pH测定,按照HJ 636—2012^[14]中的检测方法对待测水样进行总氮含量测定,并将检测结果与GB/T 5749—2006^[15]中的生活饮用水指标及其对应的限值进行对比。

2 结果与分析

2.1 打浆度对纸张性能的影响

厚度和紧度是茶叶滤纸的重要指标,客观反映滤纸横截面宽度和滤纸的紧密程度^[16-18]。由图1可知,随着打浆度的逐渐增大,滤纸厚度随之下降,紧度呈升高趋势。当打浆度为15°SR时,滤纸厚度最大,紧度最小;当打浆度为70°SR时,滤纸厚度最小,紧度最大。在15~70°SR,滤纸厚度下降的原因是打浆使得纤维吸水膨胀,进而产生分丝帚化,打浆度越高分丝帚化越明显^[19]。滤纸紧度增大的原因是在抄纸过程中,压辊压力不变,随着纤维膨胀且分丝帚化越来越明显,所抄纸张单位体积的质量将明显增大,即滤纸紧度随打浆度逐渐增大^[20]。为研究厚度和紧度间的关系,同时进行了线性拟合。紧度和厚度的线性拟合见图2,所得回归方程式为 $Y=-1.5408X+0.622$;决定系数 $R^2=0.970$, R^2 越接近1,则紧度和厚度的相关性越高。可明显看出,厚度与紧度存在线性关系,尽管其线性关系并不高,但是在一定程度上反映了紧度随厚度的增大而减小。抗张强度和撕裂度是表征纸张力学性能的重要指标。由图3可得,干、湿抗张强度均随着打浆度的增大而增大,干抗张强度的最小值为0.49 kN/m,最大值为2.09 kN/m;湿抗张强度的最小值为0.07 kN/m,最大值为0.18 kN/m。

由图4可得,撕裂度先增后减,在45°SR处取得最大值,这是因为随着打浆度的提高,纤维交织的更加紧密但是纤维越来越柔软而弯曲。透气度直接反映和影响滤纸的过滤性能,滤纸的透气度越大,则滤

水时间越短,过滤速率越快^[21]。此外,随着打浆度的提高,纸张的透气度不断减小,打浆度为15°SR时,纸张表面不均匀,透气度检测不出来,所以没有透气度的数值;打浆度在30°SR时,纸张的透气度最大。透气度在30~45°SR之间急剧下降,在45~70°SR下降较为缓和。随着打浆度的提高,纤维变得膨胀且分

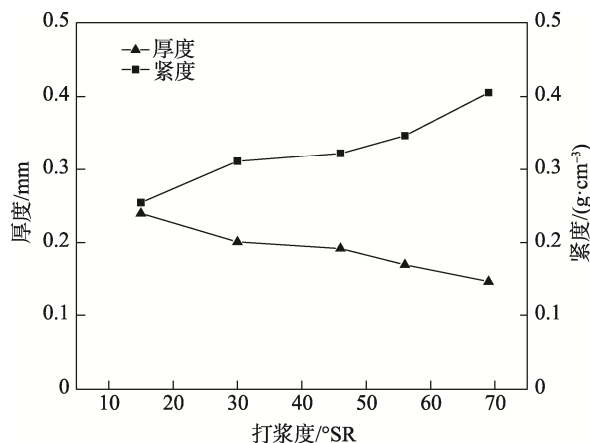


图1 打浆度对厚度及紧度的影响

Fig.1 Influence of pulping degree on thickness and tightness

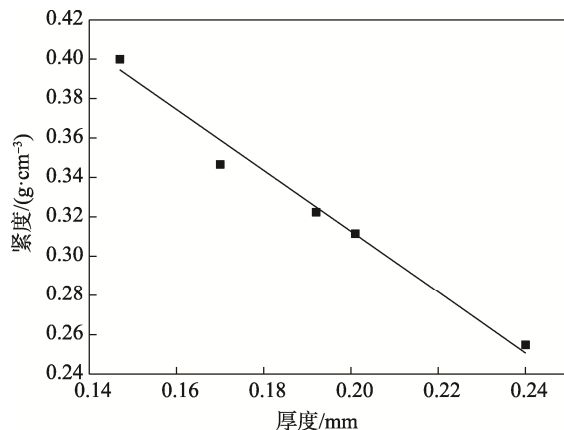


图2 厚度与紧度的关系

Fig.2 Relation between thickness and tightness

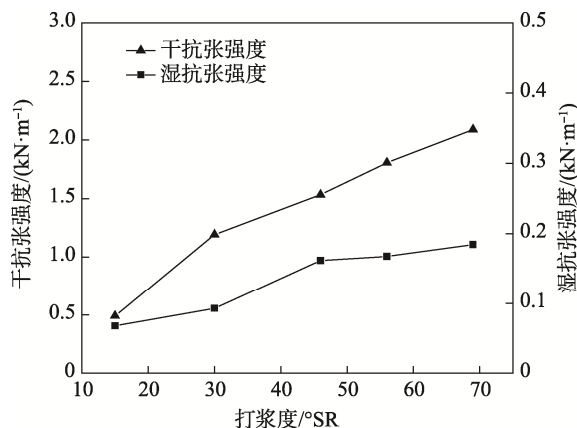


图3 打浆度对干湿抗张强度的影响

Fig.3 Influence of pulping degree on dry and wet tensile strength

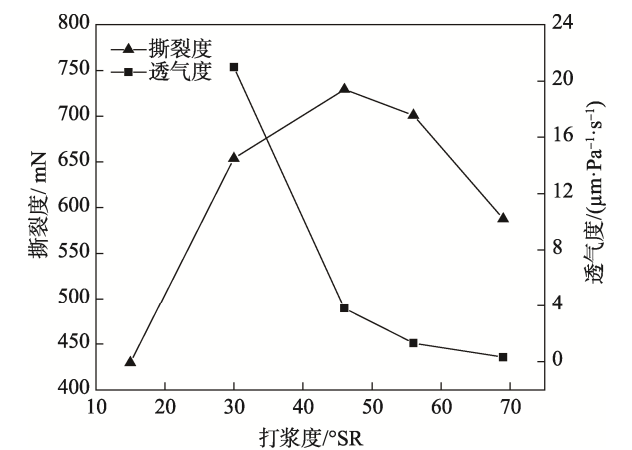


图 4 打浆度对撕裂度及透气度的影响
Fig.4 Influence of pulping degree on tear and air permeability

丝帚化越明显，纸张表面孔数变少，孔径变小，这可能是滤纸透气度下降的主要原因。综上所述，打浆度为 45，55，70 °SR 时，滤纸都具有良好的力学性能和一定的透气度，因此 45，55，70 °SR 均可作为最佳打浆度，且在 45~70 °SR 之间的打浆度均可选择。

2.2 改性体系最佳配比的确定

NaOH/尿素/ZnO 水溶液体系能显著增强细小纤维在低温下的溶解度，大大减弱或消除纤维间的氢键作用力，改善纸张的透气度^[22-24]。该节以打浆度为 55 °SR 的黄麻纤维为原料，以纸张透气度和抗张强度作为测试指标进行了 16 组试验，进一步探索和完善高强度、高透气度茶叶泡袋纸的生产工艺。

正交试验的结果见表 1，可以看出，在 NaOH 用量一定的情况下，ZnO 的加入可明显增大滤纸的透气度，但并非 ZnO 用量越多越好。滤纸透气度随 NaOH 用量的增多而增大，抗张强度随 NaOH 用量的增多而减小，在 NaOH 所用质量分数为 10%的条件下，经 NaOH/尿素/ZnO 体系改性的黄麻纤维不能成纸，这是因为在该条件下细小纤维被大量地溶解。根据这体系溶解纤维的特性，张俐娜^[25]等采用温度为-12 °C，质量分数分别为 7%，12%，0.5%的 NaOH/尿素/ZnO 的水溶液作为棉纤维素的溶剂，通过流延法成功地制备了棉纤维素薄膜。胡潇雨^[26]等采用 300 mL 温度为-6 °C，质量分数分别为 3%，3%，4%的 NaOH/尿素/硫脲水溶液对剑麻浆进行改性，同时利用超声波协同打浆处理，用改性的剑麻纤维抄造精细滤纸，结果达到了 PM2.5 口罩滤材的过滤性能。由此可见，改性体系的配比、处理条件不同，其作用结果也不同。由表 1 可知，最高的透气度和最佳的抗张强度不能同时获得，因此根据需要，课题组选取了第 8 组（体积为 500 mL，配比为质量分数分别为 6%，10%，0.4%的 NaOH/尿素/ZnO 改性溶液）作为最佳的改性条件，在该条件下滤纸透气度高且抗张强度好，透气度为 3868.9 μm/(Pa·s)，抗张强度为 0.60 kN/m。NaOH/尿

素/ZnO 体系之所以能大大增强滤纸的透气度，是因为在碱性条件下，黄麻纤维充分润胀，结晶区间的半纤维素、树脂和色素等都能较好地溶解而除去^[27-28]。在低温条件下，NaOH/尿素/ZnO 体系中的 ZnO 能以 Zn(OH)₄²⁻的形式存在，Zn(OH)₄²⁻能与黄麻纤维形成强烈的氢键作用力，然后在尿素的包围下形成蠕虫状的复合体^[9,29-30]。这使得纤维之间的氢键作用力大大减弱且细小纤维数量因溶解而显著降低，纤维间的作用力减弱，接触面积减小，纸张孔隙率增大，从而提高了纸张的透气度。

表 1 三因素四水平正交试验结果
Tab.1 Results orthogonal test on three factors and four levels

序号	NaOH 质量分 数/%	尿素 质量分 数/%	ZnO 质量分 数/%	透气度/ (μm·Pa ⁻¹ ·s ⁻¹)	干抗张 强度/ (kN·m ⁻¹)
1	4	4	0	618.4	1.37
2	4	6	0.2	849.8	1.05
3	4	8	0.4	653.4	1.00
4	4	10	0.6	914.9	0.80
5	6	4	0.2	3678.8	0.46
6	6	6	0	3024.8	0.69
7	6	8	0.6	4660.5	0.45
8	6	10	0.4	3868.9	0.60
9	8	4	0.4	16 877.8	0.26
10	8	6	0.6	14 758.1	0.32
11	8	8	0	11 364.8	0.16
12	8	10	0.2	12 552.4	0.36
13	10	4	0.6	不成纸	不成纸
14	10	6	0.4	不成纸	不成纸
15	10	8	0.2	不成纸	不成纸
16	10	10	0	14 337.6	0.02

2.3 改性前后茶叶滤纸性能的变化

在最佳改性条件（500 mL 质量分数分别为 6%，10%，0.4%的 NaOH/尿素/ZnO 水溶液，绝干黄麻用量为 10 g）下，分别对打浆度为 50，63，71 °SR 的黄麻纤维进行改性处理。从图 5 和图 6 可以看出，相同打浆度下，未改性茶叶泡袋纸的抗张强度（包括干、湿抗张强度）均大于改性茶叶泡袋纸的抗张强度，这是因为改性茶叶泡袋纸，其纤维间氢键作用力大大减弱，同时，改性处理使得起连接作用的细小纤维含量减少。在 50~71 °SR 间，未改性茶叶泡袋纸的抗张强度随打浆度的提高而增大，改性茶叶泡袋纸的抗张强度先减小后增大，在 71 °SR 时，抗张强度取得最大值。由图 7 可知，在 50~71 °SR，未改性茶叶泡袋纸的撕裂度先增后减，在 63 °SR 时，撕裂度最大。改性后，茶叶泡袋纸的撕裂度均有所下降，在 63 °SR

时,改性滤纸的撕裂度较未改性茶叶泡袋纸的撕裂度下降幅度最大;在 71 °SR 时,下降幅度最小。

由图 8 可知,改性茶叶泡袋纸较未改性茶叶泡袋纸的透气度大大提高,在 63 °SR 时,改性茶叶泡袋纸的透气度最大;在 71 °SR 时,改性茶叶泡袋纸的透气度最小,这说明改性体系能大大增强茶叶泡袋纸的透气度。

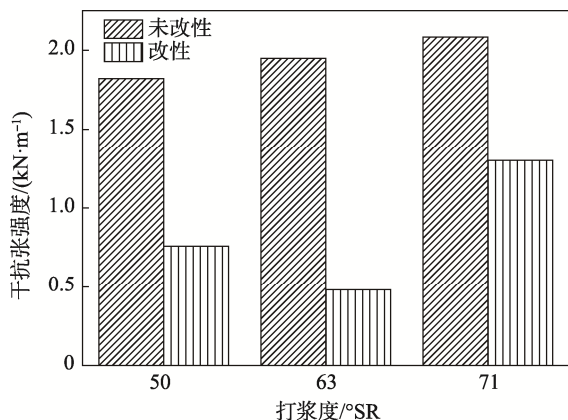


图 5 不同打浆度下纸的干抗张强度

Fig.5 Dry tensile strength of paper under different pulping degree

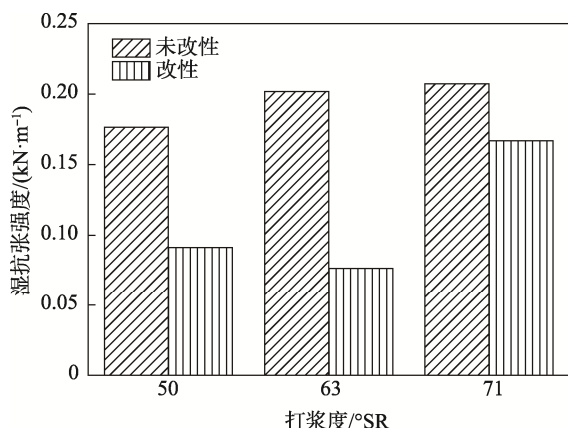


图 6 不同打浆度下纸的湿抗张强度

Fig.6 Wet tensile strength of paper under different pulping degree

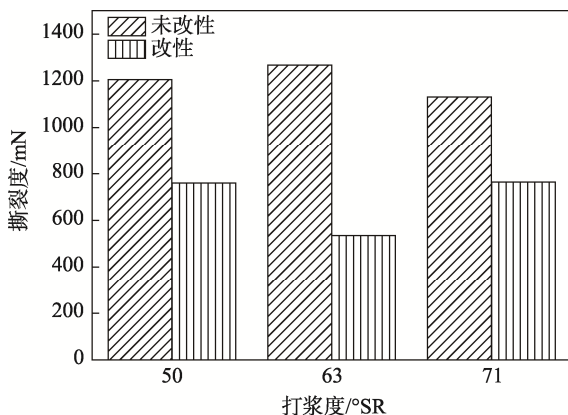


图 7 不同打浆度下纸的撕裂度

Fig.7 Tear of paper under different pulping degree

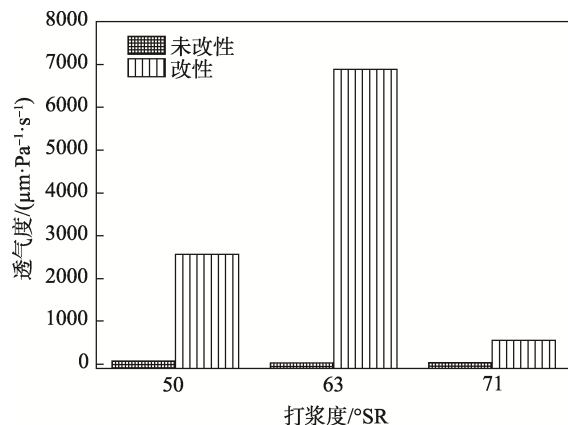


图 8 不同打浆度下纸的透气度

Fig.8 Air permeability of paper under different pulping degree

2.4 改性前后茶叶泡袋纸的热浸泡效果

将打浆度为 71 °SR 的黄麻纤维用抄纸机配抄成每平方米质量为 30 g 的滤纸,制成茶叶泡袋纸。改性前后茶叶泡袋纸的热浸泡效果见图 9,浸泡时间为 10 min。图 9a 表示袋泡茶正在浸泡,左边杯子表示改性茶叶泡袋纸的浸泡状态,右边杯子表示未改性茶叶泡袋纸的浸泡状态。图 9b 表示袋泡茶浸泡完毕,左边杯子表示改性茶叶泡袋纸的浸泡效果,右边的杯子表示未改性茶叶泡袋纸的浸泡效果。由图 9 可以看出,茶水的颜色均为透明的亮黄色而茶叶泡袋完好无损,左边茶杯中茶水的颜色较右边茶水的颜色更深,这是因为改性处理使纤维间作用力减弱,纤维间的空隙增大,从而纸张透气度增大,茶叶泡袋纸的滤水速率也随之提高,热浸泡效果更好。

2.5 茶叶泡袋纸热浸出物的检测分析

茶叶泡袋纸最基本的要求是安全无毒无害,任何有害热浸出物都有可能对人体造成伤害,因此热浸出物的检测步骤必不可少^[31-32]。GB/T 5749—2006^[15]中规定的生活饮用水几种常规指标及限值见表 2^[15],试样的检测结果见表 3。经检测,3 个水样的重金属的浓度均远远小于限定值,达到了生活饮用水的要求。改性剂 NaOH 在茶叶泡袋纸上的残留量越多,热浸泡过程中 NaOH 向水中的迁移量就越多,水样的 pH 值则越大。表 3 显示 3 个水样的 pH 均等于 7.5,这说明茶叶泡袋纸上没有残留的 NaOH。不考虑其他因素的影响,则水样中氮元素完全来源于尿素。由表 3 可知,3 个水样中总氮含量基本相同,这表明改性剂尿素在茶叶泡袋纸上无残留。3 个水样中锌元素的含量分别为 0.0009, 0.0010, 0.0010 mg/L, 2 号和 3 号水样较 1 号对照组略高,这说明改性剂 ZnO 在茶叶泡袋纸上有微量的残留,这可能因为纤维的洗浆时间不充分,但这不影响茶叶泡袋纸的正常使用,同时 3 个水样均无异味臭味和肉眼可见物。综上所述,水

样中重金属指标均符合国标^[15]中生活饮用水的要求，改性剂 NaOH、尿素和 ZnO 在茶叶泡袋纸上的残留量几乎为零，因此，制备的茶叶泡袋安全，可作为食品级茶叶泡袋纸使用。

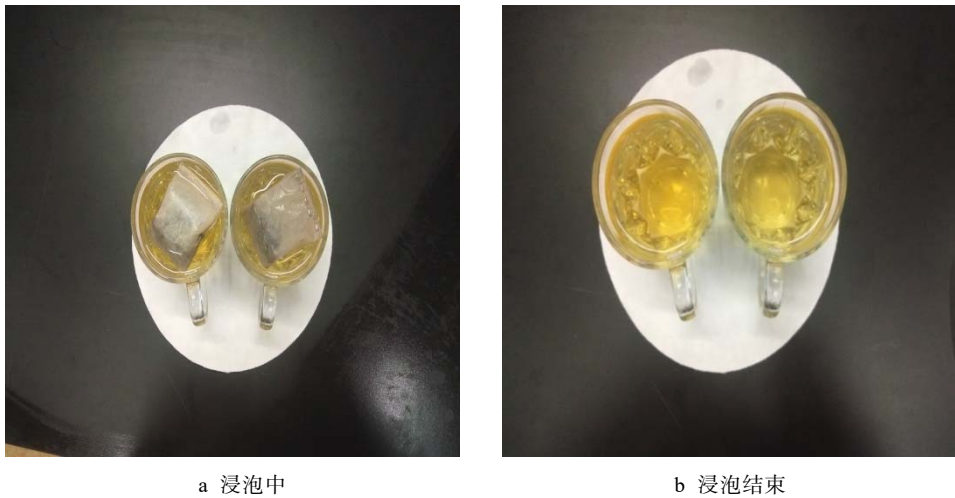


图 9 改性前后茶叶泡袋纸的热浸泡效果
Fig.9 Effect of hot soaking of modified and un-modified tea bag paper

表 2 国标中生活饮用水的几种指标及限值
Tab.2 Several indicators and limits of domestic drinking water in national standards

指标	锌/ (mg·L ⁻¹)	砷/ (mg·L ⁻¹)	汞/ (mg·L ⁻¹)	镉/ (mg·L ⁻¹)	铅/ (mg·L ⁻¹)	pH	臭和味	肉眼可见物
限值或要求	1	0.01	0.001	0.005	0.01	6.5≤pH≤8.5	无	无

表 3 试样的检测结果
Tab.3 Test results of samples

样品编号	含量/(mg·L ⁻¹)							
	锌(Zn)	砷(As)	汞(Hg)	镉(Cd)	铅(Pb)	总氮	pH	肉眼可见物
1# 对照组	0.0009	<0.002	—	0.0008	0.0003	2.29	7.5	无
2# 浸泡 7 min	0.0010	<0.002	—	0.0011	0.0002	2.27	7.5	无
3#浸泡 14 min	0.0010	<0.002	—	0.0006	0.0003	2.28	7.5	无

3 结语

打浆度为 45, 55, 70 °SR 时，滤纸都具有良好的力学性能和一定的透气度，因此 45, 55, 70 °SR 均可作为最佳打浆度，且在 45 °SR 到 70 °SR 之间的打浆度均可选择。在改性体系体积为 500 mL，黄麻纤维用量为 10 g（绝干），NaOH/尿素/ZnO 质量分数配比为 6%：10%：0.4%的条件下，滤纸的透气度好且抗张强度佳，透气度为 3868.9 μm/(Pa·s)，抗张强度为 0.60 kN/m。改性茶叶泡袋纸的热浸泡效果比未改性茶叶泡袋纸的热浸泡效果好，热浸出物检测结果显示，重金属指标和感官指标均符合国标^[15]中生活饮用水的要求，这说明黄麻制备茶叶泡袋纸可行。

NaOH/尿素/ZnO 水溶液体系能增大纸张的透气度，保持纸张良好的力学性能，这为环境友好型高透气度滤纸的生产提供了理论参考，以黄麻纤维为代表

的天然纤维素应用范围将不断扩大。

参考文献：

[1] 张桂萍. 滤纸的分类及打浆工艺[J]. 天津造纸, 2007(2): 15—18.
ZHANG Gui-ping. Classification of Filter Paper and Pulping Process[J]. Tianjin Paper Making, 2007(2): 15—18.

[2] 龙爱云, 赵传山, 姜亦飞, 等. 机油过滤纸抄纸工艺的研究[J]. 中华纸业, 2015, 36(6): 16—21.
LONG Ai-yun, ZHAO Chuan-shan, JIANG Yi-fei, et al. A Research on Papermaking Process for Oil Filter Paper[J]. China Pulp & Paper Industry, 2015, 36(6): 16—21.

[3] 胡萍, 刘佐民, 姜明, 等. 聚丙烯热降解性能研究[J]. 合成材料老化与应用, 2006, 35(3): 27—30.
HU Ping, LIU Zuo-min, JIANG Ming, et al. Research

- on Thermal Degradation Property of Polypropylene[J]. *Synthetic Materials Aging and Application*, 2006, 35(3): 27—30.
- [4] 余家会, 杜予民, 郑化. 尼龙 1010 与壳聚糖共混膜的制备、表征及性能研究[J]. *高分子材料科学与工程*, 2001, 17(5): 116—120.
- YU Jia-hui, DU Yu-min, ZHENG Hua. Studies on the Preparation, Characterization and Properties of Nylon1010-chitosan Blend Films[J]. *Polymer Materials Science & Engineering*, 2001, 17(5): 116—120.
- [5] LIN Y, LIN Y, LIN H, et al. Effects of Paper Containing 1-MCP Postharvest Treatment on the Disassembly of Cell Wall Polysaccharides and Softening in Younai Plum Fruit During Storage[J]. *Food Chemistry*, 2018, 264: 1—8.
- [6] LONG Y, YU Y, SONG B, et al. Polymerization of Glucose During Acid-catalyzed Pyrolysis at Low Temperatures[J]. *Fuel*, 2018, 230: 83—88.
- [7] VIANA R M, SÁ N M S M, BARROS M O, et al. Nanofibrillated Bacterial Cellulose and Pectin Edible Films Added with Fruit Purees[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2018, 196: 27—32.
- [8] 刘睿, 韩卿, 钱威威. 纤维在 NaOH-尿素体系中的溶解性能[J]. *中国造纸*, 2015, 34(7): 18—22.
- LIU Rui, HAN Qing, QIAN Wei-wei. Dissolution Property of Pulp Fibers in NaOH-urea Solvent[J]. *China Pulp & Paper*, 2015, 34(7): 18—22.
- [9] YANG Q, QI H, LUE A, et al. Role of Sodium Zincate on Cellulose Dissolution in NaOH/Urea Aqueous Solution at Low Temperature Carbohydrate Polymers[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2011, 83(3): 1185—1191.
- [10] 焦丽, 马金霞, 戴红旗. 氢氧化钠-尿素-氧化锌体系制备抗油抗菌纸的研究[J]. *中国造纸学报*, 2016, 31(1): 13—19.
- JIAO Li, MA Jin-xia, DAI Hong-qi. Preparation of Antibacterial and Oil-resistant Paper Using a NaOH-urea-ZnO Solution[J]. *Transactions of China Pulp and Paper*, 2016, 31(1): 13—19.
- [11] 邢静润, 申锋, 仇荣, 等. NaOH/尿素冻融预处理纤维素及其酸催化水解[J]. *化工进展*, 2018, 37(6): 2159—2165.
- XING Jing-run, SHEN Feng, CHOU Mo, et al. Hydrolysis of Cellulose in Dilute Acid Solution by NaOH/Urea Freeze-melting Pretreatment[J]. *Chemical Industry and Engineering Progress*, 2018, 37(6): 2159—2165.
- [12] 马盼盼, 陈冰玉, 邸明伟. NaOH/尿素冷冻活化木材纤维的工艺研究[J]. *生物质化学工程*, 2018, 52(3): 16—22.
- MA Pan-pan, CHEN Bing-yu, DI Ming-wei. Activation Processes of Wood Fiber Under Freezing by NaOH/Urea Aqueous Solution[J]. *Biomass Chemical Engineering*, 2018, 52(3): 16—22.
- [13] GB/T 5750.6—2006, 生活饮用水标准检验方法[S].
- GB/T 5750.6—2006, Standard Examination Methods for Drinking Water[S].
- [14] 祝旭初, 周雪莲, 雷迅, 等. 对测定总氮新标准(HJ 636—2012)的探讨[J]. *中国给水排水*, 2013, 29(16): 94—97.
- ZHU Xu-chu, ZHOU Xue-lian, LEI Xun, et al. Discussion on New Standard Method HJ 636—2012 for Determining Total Nitrogen[J]. *China Water & Wastewater*, 2013, 29(16): 94—97.
- [15] GB/T 5749—2006, 生活饮用水卫生标准[S].
- GB/T 5749—2006, Sanitary Standard for Drinking Water[S].
- [16] 赵璜, 屠恒忠. 影响滤纸结构性能和过滤性能的一些因素[J]. *纸和造纸*, 2006, 25(6): 1—4.
- ZHAO Huang, TU Heng-zhong. Some Factors Influencing Filter Paper Structure and Filtration Performance[J]. *Paper and Paper Making*, 2006, 25(6): 1—4.
- [17] 骆光林, 朱慧. 纸张表面平滑度、紧度与印刷适性的关系[J]. *印刷杂志*, 1999(161): 45—47.
- LUO Guang-lin, ZHU Hui. Relationship between Surface Smoothness, Compactness and Printability[J]. *Printing Field*, 1999(161): 45—47.
- [18] 简小平. 非织造布空气过滤材料过滤性能的研究[D]. 上海: 东华大学, 2013.
- JIAN Xiao-ping. Study on Filtration Performance of Air Filtration Material of Nonwoven Fabric[D]. Shanghai: Donghua University, 2013.
- [19] 张文军, 郑建宇, 陈宇超, 等. 打浆度对造纸法再造烟叶浆料纤维及片基性能的影响[J]. *云南农业大学学报*, 2018, 33(4): 677—683.
- ZHANG Wen-jun, ZHENG Jian-yu, CHEN Yu-chao, et al. Effect of Beating Degree on the Fiber Morphologies and Substrate Physical Characteristics of Paper-process Reconstituted Tobacco[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2018, 33(4): 677—683.
- [20] 卫亚明. 接缝压榨毛毯的开发和应用[J]. *上海造纸*, 1990(2): 31—34.
- WEI Ya-ming. Development and Application of Joint Pressing Blanket[J]. *East China Pulp & Paper Industry*, 1990(2): 31—34.
- [21] 郝青青, 梁云, 龙金, 等. PET 纤维直径对过滤纸结构和性能的影响[J]. *中国造纸*, 2017, 36(8): 1—5.
- HAO Qing-qing, LIANG Yun, LONG Jin, et al. Influence of PET Fiber Diameter on Structure and Properties of Filter Paper[J]. *China Pulp & Paper*, 2017, 36(8): 1—5.
- [22] JAHAN M S, MOSTAFIZUR RAHMAN J N M, ISLAM M, et al. Chemical Characteristics of Ribbon Retted Jute and Its Effect on Pulping and Papermaking Properties[J]. *Industrial Crops and Products*, 2016, 84: 116—120.
- [23] HASAN M H, MOLLIK M S, RASHID M M. Effect of Nanoclay on Thermal Behavior of Jute Reinforced Composite[J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018, 94(5): 1863—1871.
- [24] HU R, ZHAO Z, ZHOU J, et al. Surface Micro-dissolution of Ramie Fabrics with NaOH/Urea to

- Eliminate Hairiness[J]. *Cellulose*, 2017, 24(11): 5251—5259.
- [25] YANG Q, QIN X, ZHANG L. Properties of Cellulose Films Prepared from NaOH/Urea/Zincate Aqueous Solution at Low Temperature[J]. *Cellulose*, 2011, 18(3): 681—688.
- [26] 胡潇雨, 华亚楠, 李波, 等. 改性麻浆制备 PM2.5 口罩滤纸的研究[J]. *中国造纸*, 2017, 36(2): 33—39.
HU Xiao-yu, HUA Ya-nan, LI Bo, et al. Preparation of Filter Paper Used for Masks (PM2.5) from Modified Sisal Pulp[J]. *China Pulp & Paper*, 2017, 36(2): 33—39.
- [27] HASAN M, MOLLIK M, RASHID M. Effect of Nanoclay on Thermal Behavior of Jute Reinforced Composite[J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018, 94(5/6/7/8): 1863—1871.
- [28] 于淑慧, 赵传山, 王洪振. 纤维丝光化处理提高过滤纸滤水性能[J]. *纸和造纸*, 2010, 29(8): 31—34.
YU Shu-hui, ZHAO Chuan-shan, WANG Hong-zhen. Enhancement of the Paper's Filtration Properties by Fiber Mercerization[J]. *Paper and Paper Making*, 2010, 29(8): 31—34.
- [29] QI H, YANG Q, ZHANG L, et al. The Dissolution of Cellulose in NaOH-based Aqueous System by Two-step Process[J]. *Cellulose*, 2011, 18(2): 237—245.
- [30] LUE A, ZHANG L, RUAN D. Inclusion Complex Formation of Cellulose in NaOH-thiourea Aqueous System at Low Temperature[J]. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 2007, 208(21): 2359—2366.
- [31] 余丽, 匡华, 徐丽广, 等. 食品包装用纸中残留污染物分析[J]. *包装工程*, 2015, 36(1): 6—11.
YU Li, KUANG Hua, XU Li-guang, et al. Residual Contaminant Analysis in Paper Packaging of Food[J]. *Packaging Engineering*, 2015, 36(1): 6—11.
- [32] 李健, 孙庆贺, 何兴波. 食品用纸包装中荧光增白剂的危害和来源浅析[J]. *中国包装工业*, 2013, 2(3): 5—6.
LI Jian, SUN Qing-he, HE Xing-bo. Harm and Origin of Fluorescent Whitening Agents in Food Paper Packaging[J]. *China Packaging Industry*, 2013, 2(3): 5—6.